Unterhaltungen

aus dem

Gebiete der Naturkunde.

Von

D. Fr. Arago.

Aus dem Französischen übersetzt

von

Carl v. Remy.

Erster Theil.

Stuttgart,

Hoffmann'sche Verlags-Buchhandlung.

1837.

Vorrede.

Seit dem Jahre 1827 erscheinen in den Jahrbüchern des Längen-Büreau's zu Paris unter der Benennung: „Notices scientifiques," als Anhang zu jedem Jahrgange, Aufsätze von Hrn. Arago, welche sich mit der Beantwortung naturhistorischer Fragen, der Lösung astronomischer und geologischer Probleme, der Erörterung der praktischen Anwendung physischer Kräfte beschäftigen, Gegenstände, deren hohes theoretisches Interesse oder aber ihr wichtiges praktisches Eingreifen diesen berühmten Gelehrten vermochte, sie vorzugsweise durch seine lichtvolle Behandlung zum allgemeinen Verständnisse zu bringen. Einige wenige kleinere Aufsätze, wie der im ersten Bande erscheinende Aufsatz über Hieroglyphen, verbreiten sich übrigens über anderweitige Gegenstände, und werden von Hrn. Arago selbst für eingeschwärzt erklärt; ich hoffe jedoch, meine Leser werden deren Aufnahme durch das Interesse, welches auch diese Aufsätze gewähren, zur Genüge gerechtfertigt finden.

Diese seit einem Decennium in den genannten Jahrbüchern mitgetheilten Beiträge gesammelt in einer Uebersetzung dem deutschen Publikum vorzulegen, ist der Zweck des vorliegenden Werkes, und ich glaube damit um so mehr ein angenehmes Geschenk gemacht zu haben, als diese so vollkommen populären und für einen weiten Kreis von Lesern geeigneten Aufsätze wirklich nur Wenigen bekannt seyn dürften und überdieß die meisten Jahrgänge des Originals bereits vergriffen sind.

Die einzelnen Artikel dieser Sammlung sind aus keinem anderen Vereinigungs-Punkte, als jenem der allen zukommenden Bedeutenheit des Gegenstandes und Trefflichkeit der Behandlung zu betrachten; sie ist auch mit den gegenwärtig erscheinenden zwei Bänden keineswegs als geschlossen anzusehen; wir wollen vielmehr hoffen, daß Hr. Arago, den über Natur-Geheimnisse gebreiteten Schleier noch öfters lüftend, uns zu einer reichlichen Nachlese dieser Sammlung Gelegenheit geben werde.

Wenn der Leser sich hienach tiefe Blicke in den Haushalt der Natur verspricht, so wird er seine Erwartung sicher nicht getäuscht finden, denn es ist bei diesen Aufsätzen durchaus nicht auf eine bloße Mittheilung wissenswürdiger naturhistorischer Dinge, auf eine Bekanntmachung der Resultate der Wissenschaft, sondern ganz eigentlich darauf abgesehen, den Leser in das Verständniß der End-Ergebnisse einzuführen; er wird der Lösung des Problems beiwohnen, er wird, ohne jemals etwas auf Treu und Glauben annehmen zu müssen, als etwa die mathematische Genauigkeit

der Lösung, dem Gange der Entwicklung mit offenen Augen Schritt vor Schritt folgen, und das, ohne von seiner Seite irgend Vorkenntnisse zu bedürfen, selbst ohne daß ihm eine lästige Anstrengung der Aufmerksamkeit zugemuthet würde.

Die Art, wie Hr. Arago die scheinbar unmögliche Aufgabe löset, dem Leser die völlige Einsicht in die schwierigsten Theorieen der Physik, Astronomie und Geologie zu verschaffen, ohne ihn zu ermüden, ohne mit Ausnahme der gesunden Denkkraft irgend eine Anforderung an ihn zu machen, kann wirklich unübertrefflich genannt werden.

Sobald es sich um die Mittheilung eines schwierigen Begriffes, einer complicirten Materie handelt, legt Hr. Arago zuvörderst den Gegenstand nicht in seiner ganzen Schärfe, sondern gleichsam nur im Umrisse vor, so daß der Unterrichtete die erste Exposition unvollständig und halbwahr finden wird, während der Leser, welchem der Gegenstand zum ersten Male vor die Augen tritt, das Fehlende nicht vermißt, derselbe vielmehr, durch die umständlichere Entwicklung, die schärfere Auseinandersetzung gleich anfangs verwirrt, die Details übersehen würde; Hr. Arago kommt aber immer wieder gelegentlich auf diesen Begriff zurück, beleuchtet ihn von mehreren Seiten, macht ihn dem Leser geläufig, läßt zugleich auch immer eine nähere Bestimmung mit einfließen, so daß man zuletzt denselben ohne Anstrengung in seiner ganzen Schärfe aufgefaßt hat und damit vertraut geworden ist. Auf diese Art tuschirt und retuschirt Hr. Arago, wenn ich mich so ausdrücken darf, seinen Umriß vor den Augen des Lesers so lange, bis er zu-

letzt scharf und bestimmt hervortritt und der Leser, welcher bei der ersten Anlage gegenwärtig war, auch vollkommen damit befreundet ist, während ihm das Gemählde mit seinen fein nuancirten Zügen stets fremd geblieben wäre, wenn es mit einem Male vollendet vor ihn getreten wäre.

Ich erlaube mir nur noch zu bemerken, daß ich mir vor Allem die vollkommene Deutlichkeit und Präcision des Originals, diese Grund-Erforderniße populärer wissenschaftlicher Aufsätze, beizubehalten vorgesetzt und dagegen lieber an der Leichtigkeit des Styles etwas aufgeopfert habe, wo ich denn freilich gar sehr hinter der ausgezeichneten Eleganz des französischen Urtextes zurückgeblieben bin.

Der Uebersetzer.

Ueber Dampfmaschinen.

Die Dampfmaschine hat der Industrie und Schifffahrt bereits so große Dienste geleistet, daß das hohe Interesse an der Frage, welchen Antheil an dieser bewundernswerthen Erfindung die verschiedenen Nationen sich zuzuschreiben haben, nicht befremden kann. Immerhin wird man aber nicht ohne Ueberraschung vernehmen, daß in England allein die Buchhändler in einer sehr kleinen Zahl von Jahren mehr als hunderttausend Exemplare jener zahlreichen Werke verkauft haben, in welchen diese historische Frage verhandelt wird. Ein so erstaunenswürdiger Absatz ist unzweifelhaft dem lebhaften Antheile zuzuschreiben, welchen die Dampfmaschine in einem Lande erregen muß, wo man sie bei jedem Schritte antrifft; doch werden wir vielleicht nicht irren, wenn wir annehmen, daß die geschmeichelte nationale Eigenliebe auch in etwas hiezu beigetragen habe.

Man befrage in der That ein Mitglied des Oberhauses, oder den einfältigsten Handwerker, den Kaufmann der City, welchen seine glänzenden Handels-Unternehmungen in alle Theile der Erde geführt haben, oder den Pächter, welcher nie über die Gränzen seiner Grafschaft hinausgekommen ist; man besuche die unermeßlichen Manufakturen von Birmingham, von Manchester, von Glasgow, oder die anspruchsloseste Werkstatt eines Strumpfwirkers — allenthalben wird man vernehmen, daß der Marquis von Worcester der erste Erfinder der Dampfmaschine sey; überall wird man im Gefolge dieses Namens auch die, sämmtlich englischen, Namen: Savery, Newcomen, Brighton, Watt, Horntlower, Woolf u. a. herzählen. Die Schriftsteller und Jene, welche die Pflege der Wissenschaften zu ihrem besonderen Berufe machen, haben im Allgemeinen in dieser Beziehung nicht minder befangene Ansichten. Wenn man die neue Encyclopädie von Doctor Rees aufschlägt, so findet man folgende Stelle: „Die Dampfmaschine kommt unmittelbar nach dem Schiffe in der Stufenleiter der Erfindun-

„gen; aber in einer englischen Encyclopedie muß sie den ersten „Rang einnehmen, weil sie völlig (wholly) von unseren Lands„leuten erfunden und in Anwendung gesetzt worden ist" (art. steam Engine, 2 col.). Und eilf Zeilen tiefer, als ob die erste Stelle nicht deutlich genug gewesen wäre, heißt es: „Die Dampfmaschine ist von einigen wenigen Menschen, lau„ter Engländern (all of them Englishmen) erfunden „worden." Der berühmte Professor von Edimburg, John Robison, ist ganz ebenso entschieden. „Die Dampfmaschine" sagt er, „ist ohne allen Zweifel zuerst von dem Marquis von „Worcester unter der Regierung Carls II. erfunden wor„den." (Siehe A System of Mechanical Philosophy, II. Bd. S. 46.) Nachdem er hierauf aus Gründen, deren Gewicht wir prüfen werden, die eitlen Ansprüche der französischen Schriftsteller verwirft, welche sich abmühen (affect), den Namen Papin in die Geschichte der Dampfmaschine einzuschwärzen, erklärt Robison: „daß er auf keine Weise Anstand nehme, die „Ehre der ersten und vollständigen Erfindung dem Marquis „von Worcester einzuräumen." (Siehe A System etc. S. 50.) Ein Gelehrter, nicht minder gefeiert wegen der Gründlichkeit seines Wissens, als wegen seiner umfassenden Kenntnisse, Doctor Thomas Young, hat sein gewichtiges Zeugniß den vorangeführten beigefügt. Nach ihm ist Marquis von Worcester der erste Erfinder der Dampfmaschine, der Erste, welcher sich des Druckes des Dampfs als bewegender Kraft bedient hat. In dem flüchtigen Abrisse, welchen er über die stufenweise Vervollkommnung dieser Maschine giebt, figuriren ebenfalls nur englische Mechaniker. („Lectures on Natural Philosophy," I. Bd. S. 346 u. 356.) Ich könnte noch den geschickten Professor der Mechanik am königlichen Institute, Hrn. Millington, ein ausgezeichnetes Mitglied der neuen Universität zu London, Hrn. Lardner, den Verfasser eines geschätzten Aufsatzes über praktische Mechanik, Hrn. Nicholson u. a. m. anführen.

So zahlreiche, so unumwundene Entscheidungen, der wohl verdiente Ruf jener Werke, aus welchen ich sie hergeholt habe, schienen mir nicht einmal den Schatten eines Zweifels zu erlauben. Auch gestehe ich, daß, als ich, dem Wunsche mehrerer

Zöglinge des polytechnischen Institutes zu entsprechen, vor einigen Jahren die chronologische Reihe der Verbesserungen zu entwerfen unternahm, welche die Dampfmaschine seit ihrem Entstehen bis heute erfahren hat, ich mir, aufrichtig gesagt, nichts Anderes versprach, als daß ich lauter englische Mechaniker aufzuführen haben würde. Dennoch habe ich mich hierin geirrt. Unsere Nachbarn jenseits des Kanals sind weder die einzigen, noch selbst die ersten Erfinder der Dampfmaschine. Ich bin gewiß, daß ich diesen merkwürdigen Punkt in der Geschichte der Wissenschaften ohne Vorurtheil geprüft habe. Meine Citaten, meine Uebersetzungen, man darf darauf zählen, werden verläßlich seyn. Wenn die Folgerungen, welche ich daraus gezogen habe, es nicht in gleichem Maaße seyn sollten, würde der Leser sie selbst berichtigen können, denn er wird alle Elemente der Streitfrage vor Augen haben. Uebrigens muß ich am Schlusse dieser Einleitung noch bemerken, daß neuerlich, in England selbst, ein beachtenswerthes Werk, betitelt: Beschreibende Geschichte der Dampfmaschine, erschienen sey, in welchem der Verfasser, Hr. Robert Stuart, alle Versuche, welche man angestellt hat, um die Wasserdämpfe als Agens in der Mechanik zu benützen, mit vielem Urtheile, und was noch viel seltener ist, mit völliger Entäußerung alles National-Vorurtheiles gewürdiget hat. Die Ansichten des Hrn. Stuart über das wechselseitige Verdienst der Techniker, welche zu der Hervorbringung dieser wunderbaren Maschine beigetragen haben, stimmen, vorbehaltlich sehr weniger Ausnahmen, vollkommen mit denjenigen überein, welche ich bei'm Durchgehen der Original-Werke gewonnen hatte. Diese Uebereinstimmung war mir zu schmeichelhaft, als daß ich mich nicht hätte beeifern sollen, sie geltend zu machen. Ja ich erkläre, daß, wäre mein gegenwärtiger Aufsatz nicht bereits großentheils redigirt gewesen, als ich von der Geschichte des Hrn. Robert Stuart Kenntniß erhielt, ich mich wahrscheinlich damit begnügt hätte, hier eine einfache Uebertragung dieses Werkes einzuschalten. Das Ziel, welches ich mir gesetzt habe, wäre dabei völlig ebenso erreicht worden.

Ich hoffe, daß meine Leser die Beweggründe würdigen

werden, welche mich bestimmt haben, nicht in allen Theilen dieses Aufsatzes strenge der chronologischen Ordnung zu folgen. Ich bin von der Ansicht ausgegangen, daß man, der mehreren Deutlichkeit wegen, jene Paragraphen zusammenstellen müsse, welche die verschiedenen, mehr oder weniger vortheilhaften Arten abhandeln, die man nach und nach ausgedacht hat, um den Dampf als bewegende Kraft wirken zu machen. Die Einzelheiten des Mechanismus schienen mir, obwohl von großer Wichtigkeit, doch nur einen secundären Rang einnehmen zu müssen.

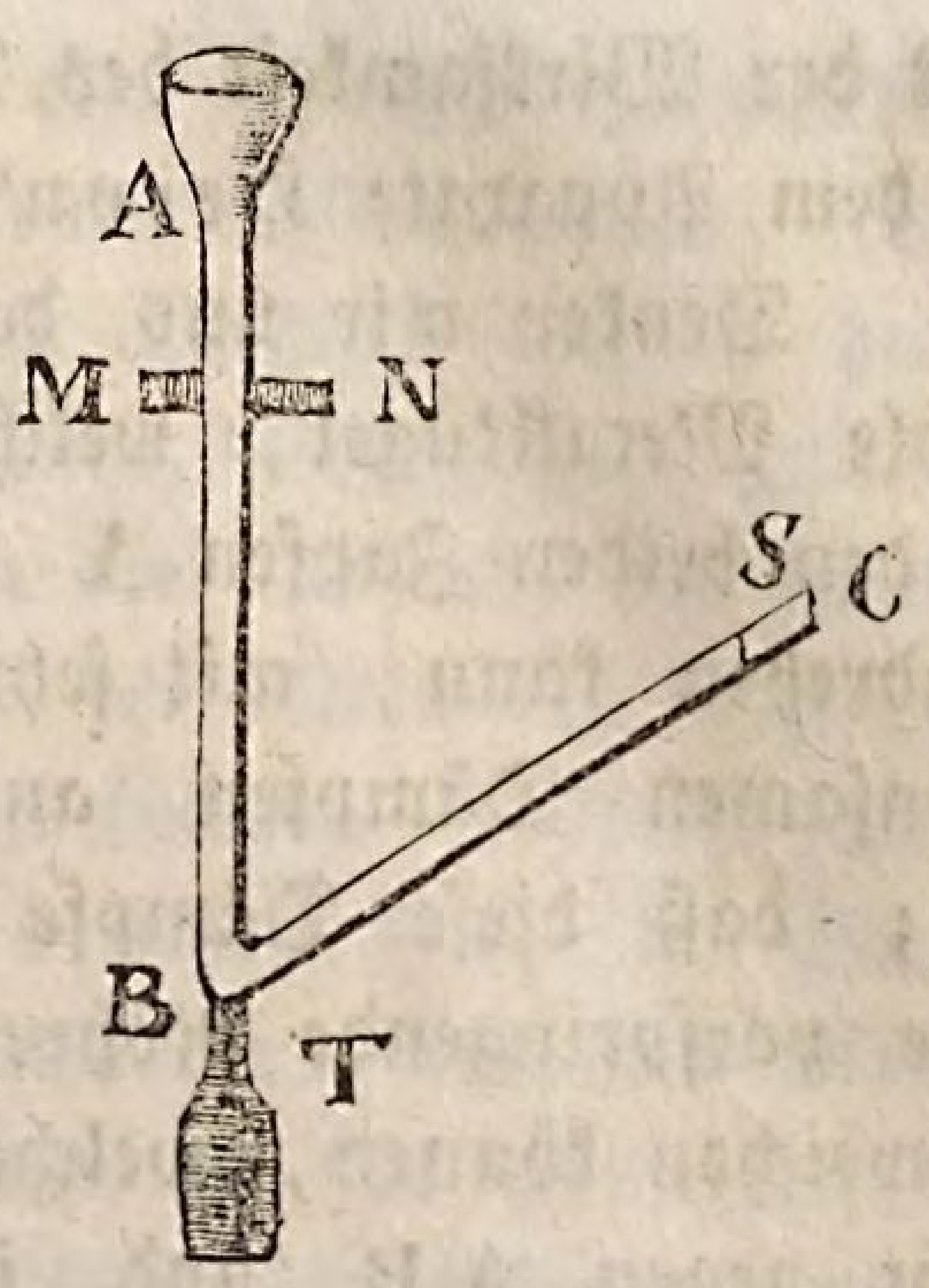
120 Jahre vor Chr. Geb.

Heron von Alexandrien. *)

Wenn Flüssigkeiten, Gase, oder Dämpfe, aus Gefäßen, in welchen sie eingeschlossen sind, unter gewissen Bedingungen, welche ich auseinandersetzen werde, ausströmen, so verursachen sie eine Bewegung, deren Entstehung man richtig würdigen muß, wenn man das Spielen eines kleinen, von Heron ausersonnenen, Apparates verstehen will, welcher, wie ich denke, die erste Anwendung darbietet, die von Wasserdämpfen, als einer bewegenden Kraft, gemacht worden ist.

---

*) Heron von Alexandrien, der Alte genannt, lebte ungefähr 120 Jahre vor unserer Zeitrechnung. Der größte Theil der zahlreichen Werke, welche er verfaßte, ist verloren gegangen, es sind deren nur drei übrig geblieben. Die Vorrichtung mit Rückwirkung, welche hier abgehandelt werden wird, ist beschrieben und abgebildet in dem Tractate, betitelt: „Spiritalia seu pneumatica." Man hat behauptet, daß Heron der erste Erfinder der gezähnten Räder gewesen sey, aber diese Ehre gebührt, wie ich glaube, seinem Lehrer Ctesibius. Seine Wasser-Uhren, vorzüglich aber seine Automaten, erregten die Bewunderung des Alterthums. Der Springbrunnen, welcher seinen Namen führt, ist selbst in unseren Tagen auf verschiedene Weise mit großem Vortheil angewendet worden: er dient zum Beispiel in Schemnitz in einer sehr tiefen Bleiglanz-Grube zum Wegschaffen des durchsickernden Wassers.



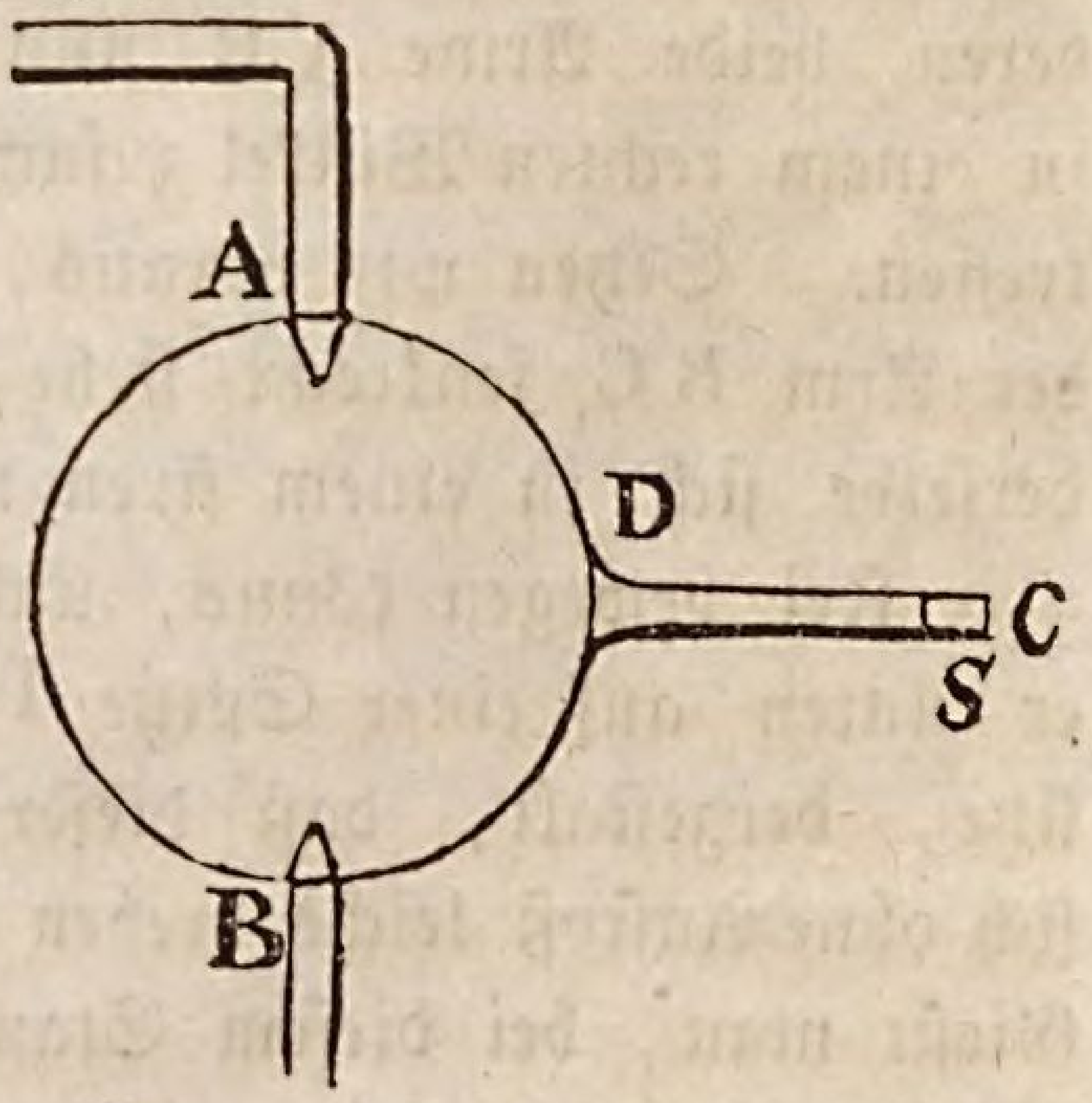
Stellen wir uns eine, in's Knie gebogene, Röhre ABC vor, deren beide Arme AB und AC in einem rechten Winkel zusammentreffen. Setzen wir voraus, daß der Arm BC senkrecht stehe, daß derselbe sich in einem fixen Ringe mn frei bewegen könne, und daß er unten auf einer Spitze T aufsitze, dergestalt, daß dieser Arm sich ohne Anstoß leicht drehen kann. Gießt man, bei diesem Stande der Dinge, bei'm oberen Ende Wasser ein, so werden wir zwei ganz verschiedene Erscheinungen beobachten können. Kann sich die Flüssigkeit durch den horizontalen Arm in der Richtung BC entleeren, so wird der ganze Apparat unbeweglich bleiben. Wird im Gegentheil die Röhre BC an ihrem Ende verpfropft, und kann die Flüssigkeit nur bei einer Seitenöffnung S auslaufen, so wird die Vorrichtung von selbst in Bewegung gerathen. Sie wird, so lange das Ausströmen währt, sich um den Arm AB, als um ihre Axe, drehen, aber in einer Richtung, welche jener des ausströmenden Wasserstrahles entgegengesetzt ist. Wenn das Wasser z. B. von rückwärts nach vorwärts (von der senkrechten Ebene, in welcher sich der Apparat befindet, gegen uns zu) auslauft, so wird die horizontale Röhre BC sich im Drehen von vorwärts nach rückwärts bewegen (aus dieser senkrechten Ebene von uns sich entfernen), gerade so, als müßte sie vor dem Wasserstrahle zurückweichen, als würde sie von demselben zurückgestoßen.

Alle Vorrichtungen, bei welchen das Wasser auf diese Art angewendet worden ist, werden Maschinen mit Reaction genannt.

Eine ausdehnsame Flüssigkeit, ein Luftstrom, welcher schnell durch eine gebogene Röhre ABC durchzieht, leistet dasselbe, wie das Wasser. Die Röhre bleibt unbewegt, wenn das Wasser in der Richtung BC entweicht; sie dreht sich im Gegentheil, wenn das Ausströmen seitwärts vor sich geht.

Diese vorbereitenden Betrachtungen werden hinreichen, die

Art der Wirksamkeit des Dampfes begreiflich zu machen, welche in dem Apparate Heron's vor sich geht.



Denken wir uns, daß eine hohle Metallkugel, welche sich in den beiden Zapfen A und B umdrehen kann, mit sehr ausdehnsamen Dämpfen angefüllt sey; daß diese Dämpfe durch eine vorspringende Röhre DC entweichen können, welche senkrecht gegen AB und in der Verlängerung eines der Halbmesser der Kugel angebracht ist. Man wird bereits errathen haben, daß, sobald die Röhre DC am Ende offen ist, das Entweichen der Dämpfe keine bewegende Kraft auf die Kugel ausüben werde; daß im Gegentheile, sobald das Ausströmen bei einer Seitenöffnung S vor sich geht, z. B. von rückwärts gegen uns zu, die Röhre vor dem Ausströmen zurückweichen und die Kugel, in welche sie eingesetzt ist, von uns weg gegen rückwärts in drehende Bewegung versetzen wird. Um diese drehende Bewegung fortwährend zu erhalten, dürfen wir uns zu der bisher beschriebenen Vorrichtung nur hinzudenken, daß einer der beiden Zapfen, z. B. der Zapfen A, hohl sey, und indem er durch die eine Oeffnung mit dem Innern der Kugel in Verbindung steht, mit der andern Oeffnung in einen Dampfkessel geht, und daß auf diese Weise der bei S ausströmende Dampf augenblicklich immer wieder ersetzt werde.

In der Abbildung, welche Heron von seinem kleinen Apparate gegeben hat, sieht man zwei solche Röhren, wie die ist, welche ich eben beschrieben habe. Sie bilden die entgegengesetzten Verlängerungen desselben Durchmessers, und ihre Seiten-Oeffnungen sind dergestalt angebracht, daß beide dahin wirken, die Kugel in derselben Richtung in drehende Bewegung zu versetzen.

Ferner befindet sich in seinen „Spiritualia“ etc. eine Beschreibung einer ganz ähnlichen Maschine, wie die eben vorgehabte, mit dem einzigen Unterschied, daß ein ersetzter Luftstrom die Stelle der ausströmenden Dämpfe vertritt.

Aus dem Gesagten folgt, daß eine gewisse Verwendung der Wasserdämpfe bei einer, von Heron beschriebenen, Vorrichtung angetroffen wird; aber diese Dämpfe wirken hiebei ganz anders, als in den Dampfmaschinen, welche heut zu Tage in Anwendung sind. Watt, welchem die Versuche des griechischen Mechanikers bekannt waren, war der Meinung, daß man hievon nie einigen Nutzen werde ziehen können. Andere Leute versprechen sich, wenn ich nicht irrig berichtet bin, im Gegentheile ziemlich günstige Resultate, welche der verbesserte Mechanismus Heron's liefern könnte, indem sie die ausschließende Benützung derselben sich mit ihrem Gelde zu erkaufen gesucht haben; Zeit und Erfahrung werden entscheiden. Man sieht übrigens, daß, wenn derlei Dampf- und Gegendruck-Maschinen jemals zu einem Ergebnisse führen sollten, und man ihre Geschichte zu schreiben sich vornähme, man vor Allen Heron als ihren ersten Erfinder bezeichnen müßte. Ich meines Theils hätte mich entschlagen können, seiner zu erwähnen, weil ich mich hier nur mit den, bereits bekannten, Maschinen zu beschäftigen habe, welche als Triebwerke gebraucht werden, und mit jenen des Weisen von Alexandrien Nichts gemein haben. Vielleicht wäre es sogar schicklicher gewesen, hier vielmehr jener Schriftsteller zu erwähnen, welche, wie Aristoteles und Seneka, die Erdbeben der schnellen Verwandlung des Wassers in Dämpfe zuschreiben. Diese Verwandlung, behaupten sie, gehe in den Eingeweiden der Erde, in Folge der unterirdischen Hitze, vor sich; aber die Größe der Wirkungen, welche sie als von daher rührend annehmen, beweist hinreichend, mit welcher ungeheuren mechanischen Kraft ihnen der Dampf begabt geschienen habe. Ich hoffe jedoch auf alle Fälle, man wird mir diese Abschweifung verzeihen, sobald man einsehen wird, daß sie zu einer ganz natürlichen Lösung der wichtigen Frage führt, welche ganz neuerlich durch die Publikation des nachfolgenden Blattes in Anregung gekommen ist.

1543.
Blasco de Garay.

Hr. v. Navarette hat im Jahre 1826, im astronomischen Journale des Freiherrn v. Zach, die hier folgende Mitthei-

lung bekannt gegeben, welche ihm von Hrn. Thomas Gonzalez, königl. Archivs-Director zu Simancas, gemacht worden ist.

„Blasco de Garay, Schiffskapitän, hat im Jahre 1534 dem Kaiser und König Karl dem Fünften eine Maschine vorgeschlagen, mit Hülfe welcher die Kriegs- und Transport-Schiffe selbst zu Zeiten der Windstille ohne Ruder und Segel in Gang erhalten würden.“

„Ungeachtet der Hindernisse und Widersprüche, welche dieses Projekt fand, befahl der Kaiser, daß es versuchsweise im Hafen von Barcelona ausgeführt werden solle, was auch wirklich den 17. Juni des besagten Jahres 1543 statt hatte. Garay wollte seine Erfindung nicht völlig bekannt geben, jedoch sah man im Augenblicke des Versuches, daß dieselbe in einem Kessel mit siedendem Wasser und in drehenden, an beiden Schiffsborden angebrachten Rädern bestand.“

„Man machte den Versuch an einem Fahrzeuge von 200 Tonnen, Trinitas genannt, welches von Colibre unter der Führung des Schiffshauptmanns Pedro de Scarza angelangt war, um Korn in Barcelona abzuladen. Auf Befehl Carl V. waren bei diesem Versuche zugegen: Don Henriquez de Toledo, der Gouverneur Don Pedro de Cardona, der Schatzmeister Ravago, der Vice-Kanzler und der Intendant von Catalonien....“

„In den Berichten, welche man dem Kaiser und dem Erbprinzen erstattete, bezeigten Alle einstimmig ihren Beifall über die so scharfsinnige Erfindung, vorzüglich wegen der Schnelligkeit und Leichtigkeit, mit welcher sie die Wendungen des Fahrzeuges vollbrachte.“

„Der Schatzmeister Ravago, ein Gegner des Projektes, sagte, daß man damit nur zwei Meilen in drei Stunden machen könne; daß die Maschine zu verwickelt und zu kostspielig sey, und daß man der Gefahr des Zerspringens des Kessels ausgesetzt sey. Die andern Commissäre versicherten, daß das Fahrzeug so schnell von Bord wegschnelle, als eine Galeere nach der gewöhnlichen Methode manövriren könne, und daß es zum wenigsten eine Meile in der Stunde mache.“

„Als der Versuch beendet war, nahm Garay die ganze

Vorrichtung, welche er an dem Fahrzeuge angebracht hatte, mit sich fort, er deponirte nur das Gestell in dem Arsenale von Barcelona und behielt alles Uebrige bei sich."

„Ungeachtet der Einwürfe und Einstreuungen, welche Ravago gemacht hatte, wurde die Erfindung Garay's gut geheißen, und wenn die Expedition, in welche Carl V. damals verwickelt war, nicht im Wege gestanden wäre, so hätte er sie ohne Zweifel begünstigt."

„Auf alle Fälle beförderte der Kaiser den Erfinder um einen Grad, machte ihm ein Geschenk von 200,000 Maravedi's, ließ ihm durch den Schatzmeister alle Unkosten und Ausgaben ersetzen, und erzeigte sich ihm außerdem noch auf mehrfache Weise gnädig."

„Dieß geht aus den Original-Urkunden und Protokollen hervor, welche man in dem königlichen Archive zu Simancas unter den Papieren über den Stand des Handels von Barcelona und über das Kriegswesen zu Wasser und zu Lande im Jahre 1543 aufbewahrt."

Simancas, den 27. August 1825."

Thomas Gonzalez.

Hr. v. Navarette folgert aus dieser Mittheilung, daß die Dampfschiffe eine spanische Erfindung seyen, nnd daß sie in unsern Tagen nur wieder auflebe. Hieraus müßteman als weitere Folge abnehmen, daß Blasco de Garay als der wirkliche Erfinder der Dampfmaschinen anzusehen sey.

Beide diese Behauptungen sind nach meiner Ansicht zu verwerfen. Einmal halte ich es für einen allgemeinen Grundsatz, daß die Geschichte der Wissenschaften ausschließend aus gedruckten Quellen begründet werden solle. Handschriftliche Documente können für das Publicum keinen Werth haben, denn es ist in den meisten Fällen aller Mittel beraubt, sich von der Genauigkeit der Daten zu überzeugen, welche man ihm bringt. Auszüge aus Handschriften sind noch weniger zulässig. Derjenige, welcher sie uns überliefert, hat manchmal das Werk, wovon er uns Rechenschaft geben will, gar nicht recht verstanden, er substituirt öfter, selbst ohne es zu wissen, die Ansichten sei-

nes Zeitalters, seine eigenen Ansichten, jenen des Schriftstellers, welchen er excerpirt. Zugegeben aber, daß keine dieser Schwierigkeiten in dem vorliegenden Falle eintrete, daß die von Hrn. v. Navarette angeführte Urkunde wirklich vom Jahre 1543 sich herschreibe, und daß der Auszug des T. Gonzalez getreu sey. Was würde hieraus folgen? Daß man im Jahre 1543 den Versuch gemacht habe, mittelst eines gewissen Mechanismus Boote in Gang zu bringen, und nicht mehr. Man sagt, in der Vorrichtung war ein Kessel begriffen, also war es eine Dampfmaschine. Dieser Schluß ist nicht triftig. Man findet in der That in verschiedenen Werken Entwürfe von Maschinen, wobei man einen mit Wasser gefüllten Kessel mit Feuerung darunter gewahr wird, ohne daß der Dampf hiebei im geringsten eine Rolle zu spielen habe. Eine solche ist z. B. die Maschine Amoutons. Endlich zugegeben selbst, daß der Dampf die Bewegung in der Vorrichtung Garay's anregte, so folgt hieraus noch keineswegs nothwendiger Weise, daß dieß eine neue Vorrichtung war und daß sie einige Aehnlichkeit mit den heutigen Dampfmaschinen hatte; denn wie wir bereits gehört haben, hat Heron schon 1600 Jahre früher ein Mittel angegeben, wie man durch Einwirkung des Dampfes eine drehende Bewegung hervorbringen könne. Ich behaupte sogar, daß, wenn der Versuch Garay's wirklich vor sich gegangen ist und seine Vorrichtung durch Dampf getrieben wurde, man allen Grund zu glauben habe, daß es die Vorrichtung Heron's war, welche er angewendet hat. Diese Vorrichtung ist wirklich nicht sehr schwierig in der Ausführung, während (man kann es zuversichtlich behaupten) die einfachste unserer heutigen Dampfmaschinen in ihrer Construktion eine, den möglichen Leistungen des sechszehnten Jahrhunderts weit überlegene, technische Geschicklichkeit erfordert. Nachdem übrigens Garay seine Maschine nicht einmal den bürgerlichen Commissarien vorweisen wollte, so können alle Bemühungen, welche man heutzutage nach drei Jahrhunderten zur Ausmittlung ihrer wahren Beschaffenheit anstellen wollte, offenbar zu keinem sichern Ergebnisse führen.

Folglich muß das, von Hrn. v. Navarette ausgegrabene, Document wieder beigelegt werden, erstens weil es weder im

Jahre 1543, noch später in Druck gelegt wurde, zweitens weil es nicht beweist, daß die Triebkraft der Barke von einem Dampfschiffe herrührte; drittens weil endlich, wenn es jemals eine Dampfmaschine Garay's gegeben hat, es allem Anscheine nach die bereits in den Werken Heron's von Alexandrien beschriebene Dampfkugel mit Rückwirkung gewesen ist.

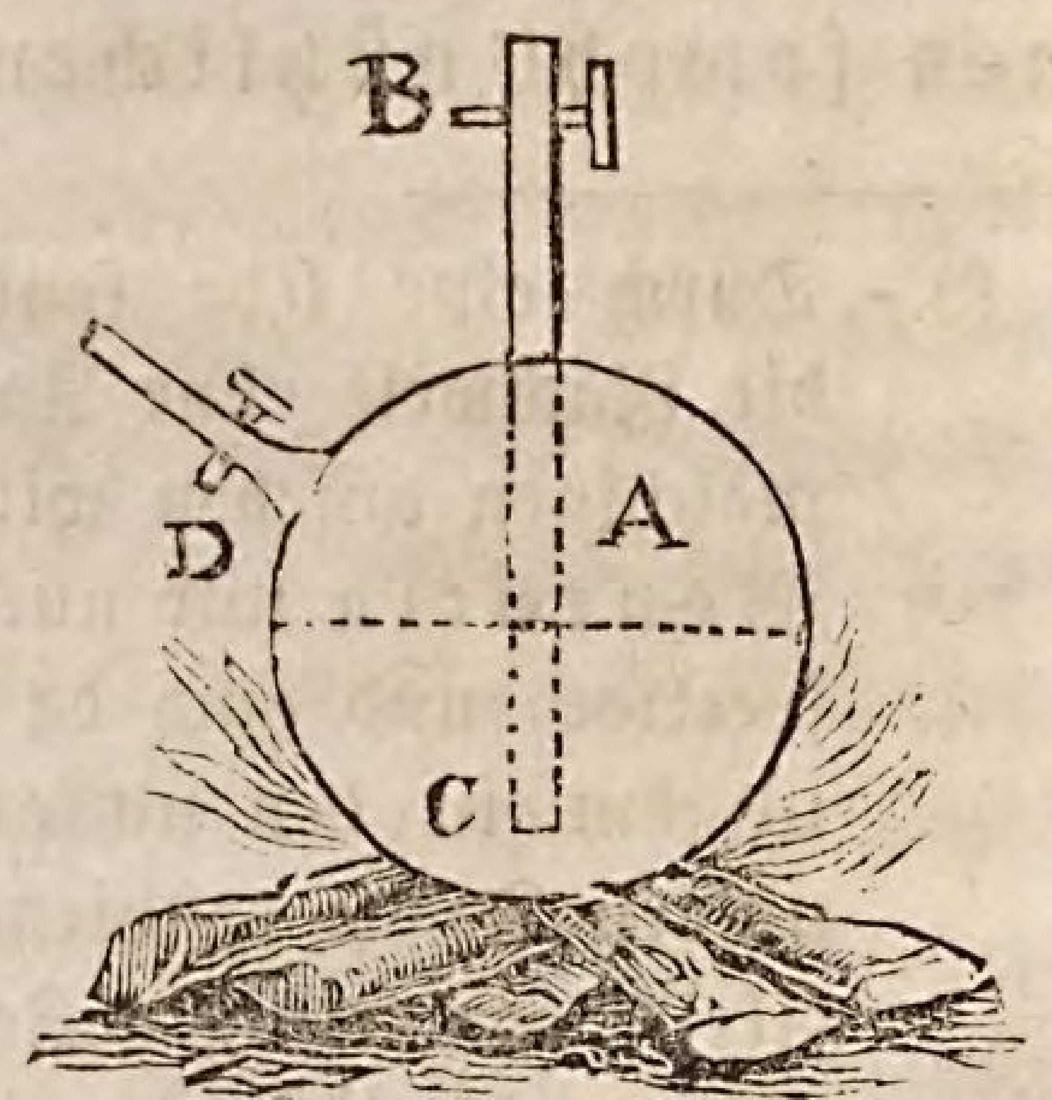
1615.
Salomon de Caus*).

Salomon de Caus ist der Autor eines Werkes betitelt: „Die Ursachen der bewegenden Kräfte mit verschiedenen sowohl nützlichen als belustigenden Vorrichtun-

*) Durch eine sehr sonderbare Schickung ist ein Mann, welchen die Nachwelt ohne Zweifel als den ersten Erfinder der Dampfmaschinen ansehen wird, in der Geschichte der Mathematik von Montucla nur aus Veranlassung seiner Abhandlung über Perspective, und auch da nur mit einigen Worten erwähnt. Ebenso ist ihm in den umfangreichen biographischen Lexicis, welche in unsern Tagen erschienen sind, kaum die Ehre eines eigenen Artikels von einigen Zeilen zu Theil geworden. Die Biographie universelle läßt ihn in der Normandie geboren werden und sterben. Sie sagt, daß er einige Zeit sich in England aufgehalten habe, wo er sich im Gefolge des Prinzen von Wales befand. In seinen „Raisons des forces mouvantes" legt sich Salomon de Caus selbst den Titel eines Ingenieurs und Architekten Seiner Churpfälzischen Eminenz bei. Dieses Werk wurde, glaube ich, zu Heidelberg geschrieben, gedruckt ward es zu Frankfurt; diese drei Umstände haben einige Leute zu der Annahme bewogen, daß Caus ein Deutscher gewesen sey. Aber bedenken wir erstlich, wie unwahrscheinlich es ist, daß ein Deutscher in seinem eigenen Lande französisch geschrieben haben sollte. Fügen wir bei, daß in der Widmung an den allerchristlichsten König (Ludwig XIII.) folgende Formel der Unterschrift vorausgeht: „Euer Majestät allergehorsamster Unterthan," daß man endlich, was alle Zweifel vernichtet, in dem Privilegium liest: „Unser vielgeliebter Salomon de Caus, Werkbau-Meister, der sich gegenwärtig im Dienste Unsers theuren und vielgeliebten Vetters des Churfürsten von der Pfalz befindet, hat Uns sagen lassen rc....., um Uns besagtem de Caus als Unserem Unterthan gnädig zu zeigen," rc. Also war Salomon de Caus unleugbar ein Franzose.

gen" ꝛc. Dieses Werk erschien zu Frankfurt im Jahr 1615. Man findet darin nebst andern sinnreichen Dingen, welche uns mehrere Mechaniker in unseren Tagen als neu aufgetischt haben, einen Lehrsatz, welcher unter Nr. 5. also ausgesprochen ist: „Das Wasser wird mit Hülfe des Feuers über seinen natürlichen Stand steigen." Diesen Ausspruch rechtfertigt er auf folgende Weise:

„Das dritte Mittel, das Wasser zum Steigen zu bringen, ist durch Hülfe des Feuers, auf welche Art man verschiedene Maschinen zu Stande bringen kann. Ich werde hier eine derselben auseinandersetzen."



„Es sey eine kupferne Kugel, die wir mit A bezeichnen, ringsum gut zugelöthet, woran sich ein Luftloch D befindet, durch welches das Wasser eingefüllt werden kann; zweitens sey eine Röhre B C am obern Theil der Kugel gut eingelöthet, deren Ende C beinahe bis zum Boden der Kugel herabreicht, ohne ihn zu berühren. Nun werde die besagte Kugel durch das Luftloch mit Wasser gefüllt, selbes wieder gut zugepfropft und die Vorrichtung über's Feuer gebracht; alsbald wird die auf die Kugel einwirkende Hitze alles Wasser durch den Kiel A B heraustreiben."

Die Vorrichtung, deren Beschreibung ich eben angegeben habe, ist eine wahrhaftige Dampfmaschine, geeignet, Ausschöpfungen zu bewerkstelligen. Aber vielleicht käme man, falls ich mich auf die angeführte Stelle beschränken würde, auf die Vermuthung, daß Salomon de Caus die Ursache des Aufsteigens der Flüssigkeit in der Röhre B C nicht gekannt habe. Diese Ursache war ihm jedenfalls vollkommen bewußt, ich finde den Beweis hievon in seinem ersten Lehrsatze Seite 2 und 3, wo er bei Gelegenheit eines ganz ähnlichen Versuches anführt, „daß die heftigen Dämpfe (erregt durch die Einwirkung des Feuers), welche das Wasser heraustreiben, sich aus dem besagten Wasser entwickeln, welche Dämpfe, nachdem sie alles Wasser

herausgetrieben haben, ebenfalls mit großer Heftigkeit bei der Ausgangs-Röhre herausfahren werden.

1629.
Branca.

Branca ist der Herausgeber einer Compilation betitelt: Die Maschine des Hrn. G. Branca von 1629. Dieses Werk enthält die Beschreibung aller, dem Verfasser bekannten, bis dahin noch nicht beschriebenen Maschinen. Unter denselben bemerkt man auch eine Dampfkugel über einem Gluthfeuer so angeordnet, daß der durch eine Röhre ausströmende Dampf die Flügel oder Schaufeln eines kleinen horizontalen Rades trifft und dasselbe in drehende Bewegung versetzt. Der Wind aus dem Halse eines gemeinen Blasebalgs hätte offenbar dieselbe Wirkung hervorgebracht.

Ich habe noch nicht errathen können, nach welcher Analogie man in dieser Dampfkugel den ersten Keim der heut zu Tage angewendeten Dampfmaschinen zu erblicken glaubt. Auf alle Fälle, und diese Bemerkung soll mir genügen, ist die Sammlung Branca's viel später, als die beiden ersten Ausgaben des de Caus'schen Werkes.

1663.
Marquis von Worcester. *)

Das Werk des Marquis von Worcester: „the Scantling of one hundred Inventions" erschien im Jahr 1663 während der

*) Eduard Sommerset, Marquis von Worcester, welchen die Engländer als den ersten und wahrhaften Erfinder der Dampfmaschinen ansehen, lebte unter der Regierung der letzten Stuart's. Verwickelt in alle Intriken dieser Epoche erfuhr er viele widrige Schicksale. Worcester verlor zuerst sein unermeßliches Vermögen, kam so nach Irland, wo er alsbald eingekerkert ward, er entwich und erreichte Frankreich, kehrte aber in Aufträgen Carls II. nach London zurück, ward entdeckt und in den Thurm geschickt, aus welchem er erst durch die Restauration befreit ward. Es geht die Sage, daß die Ideen Worcester's über die Anwendung, welche man von der den Wasserdämpfen inwohnenden Kraft machen könne, während seiner letzten Haft durch

Regierung Karls II. Dieses Buch ist allgemeiner gekannt unter dem Titel: „Century of Inventions.“ Die Vorrichtung, welche die Engländer als die erste Dampfmaschine betrachten, (es ist die acht- undsechszigste Erfindung), ist in folgenden Ausdrücken beschrieben: „Ich habe ein bewunderungswürdiges und sehr wirksames Mittel entdeckt, das Wasser mit Hülfe des Feuers zu heben, nicht durch Saugen, denn dann wäre man, wie die Philosophen sagen, intra sphaeram activitatis eingeschlossen, indem das Saugen nur auf eine gewisse Entfernung wirkt, sondern mein Mittel hat keine Gränzen, sobald nur das Gefäß fest genug ist. Ich bediente mich in der That einer ganzen Kanone, deren Mündung geborsten war, und nachdem ich sie bis auf drei Viertheile mit Wasser gefüllt hatte, schloß ich die geborstene Mündung und das Zündkraut durch Schrauben, unterhielt ein ununterbrochenes Feuer darunter und nach vierundzwanzig Stunden gieng die Kanone mit einem großen Knalle in Stücke. Nachdem ich später das Mittel gefunden hatte, Gefäße zu bilden, welche durch die Entwicklung der Kraft von Innen immer fester werden*), und welche sich immer wechselsweise füllten, erzeugte ich einen un-

---

das plötzliche Aufheben des Deckels des Topfes, in welchem Nahrung kochte, angeregt worden seyen. Wäre diese Anecdote wahr, so würde sie dem Erfindungsgeiste des Gefangenen sehr zur Empfehlung gereichen; aber sie würde zugleich einen Beweis seiner geringen Gelehrsamkeit abgeben: man müßte in der That zugeben, daß ihm das Werk von Salomon de Caus, wovon eine zweite Auflage während seines Aufenthaltes in Frankreich erschien, gänzlich unbekannt geblieben sey.

*) Diese Stelle ist beinahe jedesmal anders übersetzt worden: „Nachdem ich das Mittel entdeckt hatte,“ läßt man Worcester sagen: „die Gefäße in ihrem Innern fest zu machen,“ ꝛc. Dieser Satz, ich gestehe es gern, ist bei weitem vernünftiger, als wie ich ihn übersetzt habe, aber das ist beinahe ein Argument gegen die Treue dieser Uebersetzung, so sehr ausschweifend und chimärisch sind im Allgemeinen die Projecte Worcesters. Hier ist übrigens der Original-Text: „Having a way to make my vessels so that are *strengthened by the farce within them* etc.“ Habe ich diese Worte recht verstanden, so hat Worcester, um einem Einwurfe zu begegnen, den er voraussah, für gut befunden, sogleich vornweg zu versichern, daß seine neu er-

unterbrochenen Wasserstrahl, wie bei Springbrunnen, von vierzig Fuß Höhe. Ein Gefäß durch die Einwirkung des Feuers verflüchtigten Wassers hob vierzig solche Gefäße kalten Wassers empor. Der Arbeiter, welcher diesen Vorgang leitet, hat nur zwei Hähne zu öffnen, in der Art, daß in dem Augenblicke, wo eines der beiden Gefäße leer wird, es sich mit kaltem Wasser anfülle, während das andere in Wirksamkeit tritt, und so wechselweise. Das Feuer wird durch denselben Arbeiter fortwährend unterhalten, er findet hiezu hinreichende Muße während den Zwischenräumen, welche ihm die Arbeit an den Hähnen frei läßt."

Der Leser kennt nunmehr Alles, was Marquis von Worcester je über Dampfmaschinen geschrieben hat. Dieß ist der einzige Anhaltspunkt, worauf sich Hr. Partington, Mitglied des Londner Institutes, in seiner neuen Ausgabe (von 1825.) der „Century of Inventions" gefußt hat, um, mit allen seinen Landsleuten, zu entscheiden, daß Worcester der Mann gewesen sey, welcher „der Erste ein Mittel entdeckt hat, „um den Dampf als mechanische Triebkraft anzuwenden; eine „Entdeckung, welche (wie er beifügt) allein hinreichend wäre, „das Zeitalter, in welchem dieser Mann gelebt hat, zu verewigen."

Wir wollen nun unpartheiisch diese so oft angeführte Stelle prüfen, und unpartheiisch ausmitteln, was im Grunde dahinter ist.

Ich sehe darin zuerst einen Versuch, welcher beweist, daß Wasser, in Dämpfe verwandelt, zuletzt die Wände der Gefäße, welche es einschließen, zu sprengen vermag; aber diese Erfahrung hat man schon im Jahre 1605 gemacht, denn Florence Rivault sagt ausdrücklich, daß die Dampfkugeln mit Krachen

---

fundenen Kessel nie springen werden. Diesen Zweck würde er wirklich erreicht haben, wenn selbe, wie er sagt, in dem Maaße fester würden, als der Dampf mit verstärkter Kraft von innen nach außen drängt. Dieser Umstand wird, wie ich glaube, der Meinung derjenigen größeres Gewicht geben, welche vermuthen, daß Worcester mit seiner Maschine nie einen Versuch angestellt habe.

bersten, wenn man das Entweichen der Dämpfe hindert. Er fügt sogar bei: Die Wirkung der Verdampfung des Wassers ist im Stande, die festesten Leute zu entsetzen*). (Elements d'artillerie, Seite 128. Paris 1605.)

Ferner sehe ich darin den Gedanken, das Wasser mit Hülfe der Elasticität der Dämpfe zu heben. Dieser Gedanke gehört Salomon de Caus an, welcher denselben 48 Jahre vor dem Engländer bekannt gemacht hat.

Ich finde endlich darin die Beschreibung einer Maschine, durch welche dieser Zweck erreicht werden soll; aber wer sieht nicht ein, daß die Salomon de Caus'sche Vorrichtung ebenfalls geeignet sey, Wasser auf eine beliebige Höhe zu treiben, wenn man das Gefäß hinreichend fest und die Hitze stark genug voraussetzt. Vielleicht wird man einwenden, daß die Maschine Worcester's den Vorzug verdiene; ich werde das zugeben können, ohne daß hierdurch etwas entschieden werde; denn es ist hier nicht die Frage, wer die beste Dampfmaschine erdacht hat, sondern wer zuerst daran gedacht hat, die elastische Kraft des Dampfes zum Heben eines Gewichtes oder zur Hervorbringung einer Bewegung zu benützen. Bevor man übrigens den Vor-

---

*) Ich entlehne dieses Citat aus einem der merkwürdigsten historischen Artikel, voll Gelehrsamkeit, welche Hrn. v. Montgéry über alle jene Maschinen herausgegeben hat, bei welchen das Feuer auf was immer für eine Art wirksam ist, und ich habe diese Stelle anstatt der nächstfolgenden, näher in den Text gesetzten Stelle von Salomon de Caus eingeschaltet. Diese Stelle ist nur um zehn Jahre jünger, das ist vom Jahre 1615, aber immer noch um 50 Jahre älter als die Century of inventions; sie lautet: „Die Gewalt wird sehr groß seyn, wenn das Wasser durch das Feuer in Luft übergeht und das besagte Wasser abgesperrt ist; es sey zum Beispiel eine kupferne Kugel im Durchmesser von zwei Schuh und von einem Zoll Dicke, welche durch eine kleine Oeffnung mit Wasser gefüllt wird, das sohin mit einem Nagel sehr fest zu verstopfen ist, so daß das Wasser nirgend aus der Kugel herauskann; man kann versichert seyn, daß wenn besagte Kugel über ein großes Feuer gebracht und beträchtlich erhitzt wird, ein so heftiger Druck entstehen wird, daß die Kugel mit dem Knalle einer Petarde in Stücke zerspringen wird." (Les Raisons des forces mouvantes, erstes Buch erstes Blatt.)

schlag des Marquis von Worcester mit irgend einem andern vergleichen kann, muß man genau wissen, worin derselbe eigentlich bestand; aber diese Aufgabe ist bisher noch nicht gelöst worden, so sehr unbestimmt ist die Beschreibung der achtundsechszigsten Erfindung des englischen Lords. Jedermann würde heut zu Tage ganz leicht eine Maschine sich erdenken können, wodurch man mittelst Dampf Wasser in die Höhe treiben kann; aber wenn es sich darum handelt, jene des Marquis von Worcester wieder aufzufinden, so muß man sich lediglich an das halten, was er selbst darüber sagt, und an weiter nichts.

Hr. Stuart, welcher sich diese beiden Bedingungen gesetzt hat, ist darauf gekommen, daß man der Beschreibung seines Landsmannes möglichst nahe kommen würde, wenn man zwei Apparate Salomon's de Caus dergestalt miteinander in Verbindung setzen würde, daß sie, durch ihre abwechselnde Thätigkeit, einen ununterbrochenen Strahl erzeugen. Die andern, bisher aufgestellten Lösungen dieser Frage, wie z. B. jene Millington's, sind offenbar unzulässig.

Als die Herren Thomas Young, Robison, Partington, Tredgold, Millington, Nicholson, Lardner u. a. m. den Marquis von Worcester für den ersten Erfinder der Dampf-Maschinen erklärten, war ihnen das Werk Salomon's de Caus ohne Zweifel nicht bekannt, aber da nach dem oben Gesagten gegen alle Widerrede ausgemacht ist, daß der erste Gedanke, Gewichte mit Hülfe der ausdehnsamen Kraft des Dampfes zu heben, dem französischen Erfinder angehöre, daß, selbst zugegeben, die Maschine seines Mitbewerbers sey jemals ausgeführt worden, es allem Anschein nach die ein halbes Jahrhundert früher in dem Werke: „Raisons des forces mouvantes“ beschriebene Vorrichtung gewesen sey, so wird man sich ohne Zweifel in der Folge beeilen, den bescheidenen Namen Salomon de Caus überall da einzuschalten, wo bisher der des Marquis von Worcester vorangestanden ist.

1683.

Sir Samuel Moreland.

Wollte ich in diesem Aufsatze nur von Jenen sprechen, deren Arbeiten wirklich, sey es zum Hervorbringen oder zur Verbesserung der Dampf-Maschinen beigetragen haben, so würde der Name des Ritters Moreland hier keinen Platz finden; aber weil dieser Name in England von beinahe sämmtlichen Schriftstellern, welche über Dampf-Maschinen gesprochen haben, angeführt wird, so konnte ich nicht unterlassen, ihn, wäre es auch nur, um meine vorausgeschickte Meinung zu rechtfertigen, ebenfalls zu erwähnen.

Im brittischen Museum befindet sich ein sehr schönes Manuscript des Ritters Moreland, welches den Titel führt: „Emportreiben des Wassers durch allerlei Maschinen, bestimmt nach Maaß, Gewicht und Wage, Seiner allerchristlichsten Majestät überreicht durch Ritter Moreland, Kämmerer und Mechaniker des Königs von Großbritanien.

In diesem Manuscripte von 38 Seiten nimmt die auf Dampf-Maschinen bezügliche Verhandlung nur 4 Seiten ein, und ist von dem Uebrigen durch einen besonderen Titel unterschieden **). Folgendes ist die Stelle, auf welche man sich in

---

*) Sir Samuel Moreland hat, wie Worcester, gleichfalls an den Ereignissen des Bürgerkrieges thätigen Antheil genommen. Cromwell hat ihn in mehreren diplomatischen Sendungen verwendet. Seine Mitbürger versichern, daß er zu gleicher Zeit Sekretär von Thurloe und Spion im Solde Karl II. gewesen sey, welcher ihn bei der Restauration zum Baronet ernannte. Moreland hatte sich mit mehreren acustischen Fragen, unter andern auch mit der zweckmäßigsten Gestalt der Sprachröhre beschäftigt. Er starb zu Hammersmith im Monat Jänner 1696, nachdem er vorher die sonderbare Grille ausgeführt hatte, zur Sühnung seines vergangenen Lebens eine große Sammlung musicalischer Werke, welche er besaß, sechs Schuh tief eingraben zu lassen.

**) Es existirt ein Werk Morelands, in Paris aufgelegt im Jahre 1685, welches fast genau denselben Titel führt, wie das

England steift, um Moreland einen bestimmten Theil an der Zustandebringung des Steam Engine anzuweisen.

„Wenn das Wasser durch die Kraft des Feuers verdampft, so streben die Dämpfe unaufhörlich nach einem größeren (ungefähr dem zweitausendfachen) Raume, als welchen das Wasser früher eingenommen hat, und ehe sie immerfort eingeschlossen blieben, würden sie eine Kanone in Stücke zersprengen. Werden sie aber nach den Grundsätzen der Statik geleitet, und wohlbedacht nach Maaß und Gewicht berechnet, dann tragen sie ihre Last in Frieden (wie fromme Pferde), und könnten also dem Menschen-Geschlechte sehr gute Dienste leisten, vorzüglich durch Heben des Wassers, wie die folgende Tafel zeigt, welche die Anzahl Pfunde angiebt, die 1800mal in der Stunde auf 6 Zoll Höhe durch zur Hälfte mit Wasser gefüllte Cylinder gehoben werden können, so wie auch die verschiedenen Durchmesser und Tiefen der besagten Cylinder anzeigt."

Wäre das Werk Moreland's jenem Salomon's de Caus oder Worcester's vorausgegangen, so würde die Stelle, welche man eben gelesen hat, einen wahrhaften Anspruch begründen. Im Jahre 1683 aber, das ist 68 Jahre nach dem Erscheinen der „Raisons des forces mouvantes" und 20 Jahre nach dem Datum des Patentes Worcester's, kann das Projekt Moreland's nur als Plagiat angesehen werden. Immerhin müssen wir aber zur Ehre dieses Mechanikers beifügen, daß die Zahlen, durch welche er das Verhältniß der von einer bestimmten Quantität Wasser und einem gleichen Gewicht an Wasser-Dämpfen eingenommenen Räume ausdrückt, der Wahrheit näher kommen, als man es von Experi-

---

Manuscript im British Museum; aber das Kapitel, welches auf Dampf Bezug hat, ist darin nicht vorfindig. Nur in der Vorrede erwähnt der Verfasser bei Aufzählung aller Arten bewegender Kräfte, welche der Mechaniker in Thätigkeit versetzt, der Kraft des Schießpulvers und der Wasserdämpfe, ohne in dieser Beziehung durch eine Bemerkung zu verrathen, ob er dießfalls als Erfinder auftrete, oder ob er von einer, bereits von Andern vorgeschlagenen Sache spreche.

menten, welche im Jahr 1682 angestellt worden sind, erwarten sollte.

1690 und 1695.

Denis Papin *).

Denken wir uns einen breiten senkrechten Cylinder ABCD Fig. 1.

Fig: I

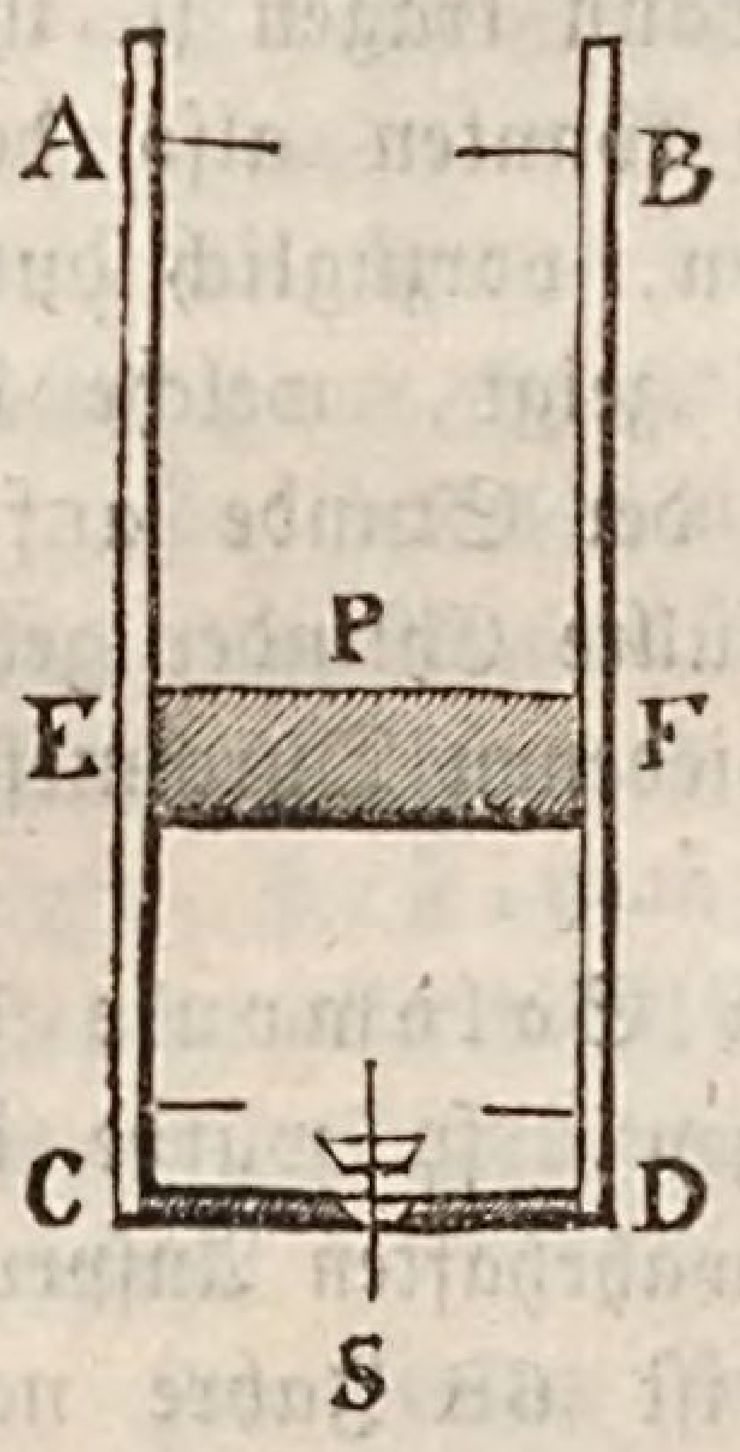
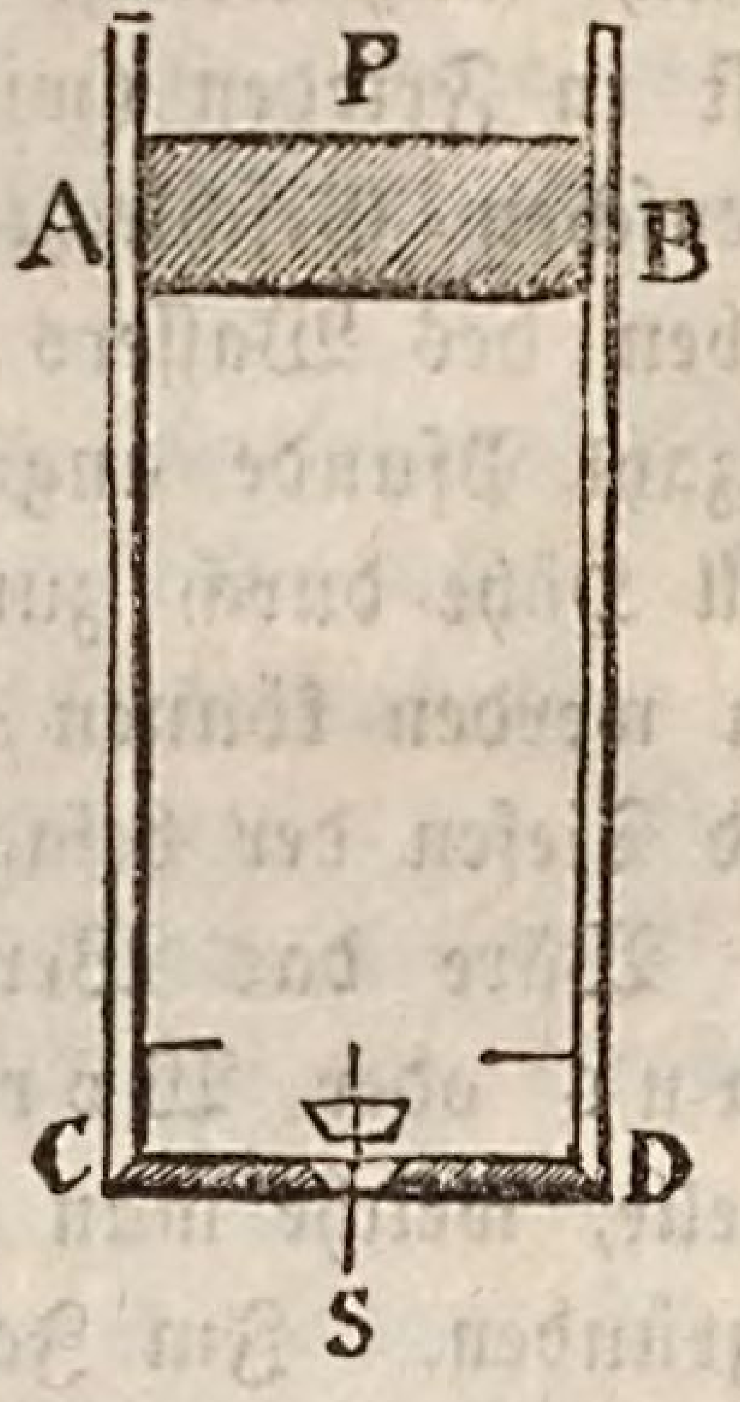


Fig: II.



oben ganz offen, mit einem metallenen Boden, welcher mit einer Klappe S, die ganz ungehindert von unten nach oben

*) Denis Papin war zu Blois geboren. Er widmete sich in seiner Jugend der Medicin und ward zu Paris graduirt. Der Widerruf des Edikts von Nantes, welcher ihn zur Auswanderung nöthigte, führte ihn nach England, wo Boyle, welcher ihn zu mehreren Experimenten beigezogen hatte, bewirkte, daß er im Jahre 1681 zum Mitglied der königlichen Gesellschaft ernannt wurde. Später von dem Landgrafen von Hessen nach Deutschland berufen, versah er durch mehrere Jahre mit Auszeichnung den Posten eines Professors der Mathematik an der Marburger Universität. Papin starb im Jahre 1710. Man kann es als etwas Besonderes ansehen, daß die Akademie der Wissenschaften zu Paris ihn niemals zum Mitgliede ernannt hat, wenn man bedenkt, daß er schon im Jahre 1690 eine Denkschrift herausgegeben hat, in welcher, wie man alsbald sehen wird, eine ganz ausführliche und deutliche Beschreibung jener Dampfmaschinen, welche man heut zu Tage atmosphärische Maschinen oder Maschinen mit at-

aufgeht, versehen ist. Bringen wir ferner in der Mitte dieses Cylinders einen beweglichen Kolben P an, welcher vollkommen schließt. Die Atmosphäre wird mit ihrer ganzen Schwere auf die obere Fläche des Kolbens, des sogenannten embolus, drücken, sie wird ihn hinabzustoßen trachten. Wenn die Klappe S offen ist, so wird jener Theil der Atmosphäre, welcher in den Raum D C E F eindringen wird, im Gegentheil durch ihren Gegendruck den embolus in die Höhe zu treiben suchen. Diese beiden Kräfte werden einander völlig gleichkommen, denn bei Luftarten wie bei Flüssigkeiten ist der an jedem Punkte stattfindende Druck in allen Richtungen derselbe. Der embolus wird daher bei der Einwirkung zweier entgegengesetzter, sich das Gleichgewicht haltender Kräfte allerdings herabsinken, aber nur in Folge seines eigenen Gewichtes. Es wird daher jede, das Gewicht des embolus in etwas übersteigende Kraft hinreichend seyn, den embolus bis an den Rand des Cylinders aufsteigen zu machen und ihn an dieser Stelle zu erhalten. Stellen wir uns vor, daß der embolus wirklich auf diese Weise an das obere Ende seines Spielraumes gelangt sey, wie es in Fig. 2. der Fall ist, und sehen wir, wie wir ihn mit Gewalt hinabstoßen können. Ein sehr wirksames Mittel wäre, die Klappe S zu schließen, und hierauf, wenn das möglich wäre, mit einem Male im Inneren der Pumpe den Vorrath von Atmosphäre, welcher den Raum A B C D erfüllt, vollkommen zu vernichten. Dann würde der embolus nur mehr der Einwirkung der äußeren Atmosphäre, welche auf ihm lastet, unterworfen seyn. Diese Einwirkung würde auf dessen obere Fläche von oben herab ausgeübt werden, und wäre gleich dem Drucke einer 10 Metres (32 Fuß) hohen Wassersäule, deren Dicke jener des Cylinders gleichkommt, oder was dasselbe ist, gleich dem Drucke einer Quecksilber-Säule von eben dieser Dicke und 76 Centimetres (28 Zoll 1 Linie) Höhe; denn so groß ist der

---

mosphärischem Drucke nennt, ja selbst eine Beschreibung der Dampf-Boote enthalten ist. Der Mann von Genie, der seinem Jahrhunderte zu weit vorausgeeilt ist, wird jederzeit verkannt, mag es in was immer für einem Fache seyn.

Druck der Atmosphäre. Der embolus würde dann nothwendiger Weise herabsteigen und könnte hiebei selbst ein der besprochenen Wasser- oder Quecksilber-Säule gleiches Gewicht in Bewegung setzen.

Denken wir uns nun, immer noch im Verfolg dieses Problems, daß in dem Augenblicke, wo der embolus an dem Boden des Cylinders angelangt ist, die Klappe S geöffnet werde. Nun wird der Atmosphäre der Zutritt von unten freigegeben, sie wird daher der Einwirkung der Atmosphäre von Oben wieder das Gleichgewicht halten. Eine sehr geringe Kraft wird nun abermals hinreichen, den embolus bis an das obere Ende der Pumpe zurückzutreiben und den ganzen Apparat in den ursprünglichen Stand zurückzuführen. Eine neuerliche Vernichtung der Atmosphäre im Pumpenraume würde von Neuem das Herabsteigen des embolus bewirken und so fort.

Mit einem Worte: bei dieser Vorrichtung wäre ein sehr geringer Kraft-Aufwand hinreichend, den Dampf-Kolben zu heben, während dessen herabsteigende Bewegung die größten Wirkungen hervorzubringen vermöchte. Würde man das eine Ende eines Strickes im Mittelpunkte des embolus befestigen und das andere Ende über eine Rolle gehen lassen, so könnte ein sehr großes Gewicht und zwar bei jedem Herabsteigen des embolus um die Höhe des inneren Pumpenraumes (oder um einen Kolbenhub) gehoben werden. Bei einem Cylinder von zwei Metres im Durchmesser würde das bei jedem Herabsteigen des Dampf-Kolbens gehobene Gewicht 31,000 Kilogrammes betragen.

Die Idee der Maschine, von welcher ich bisher gesprochen habe, gehört Papin an. Sie ist sehr genau in den „Akten von Leipzig" für das Jahr 1688, S. 644, und später mit einigen neuen Zusätzen in einem Briefe an den Landgrafen Wilhelm Moritz entwickelt. (Siehe das im Jahr 1695 zu Kassel unter dem Titel: „Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines" aufgelegte Werk, S. 38 ff.) Wir müssen nunmehr die Mittel kennen lernen, welche Papin vorgeschlagen hatte, um in den erforderlichen Momenten die Schichte atmosphärischer Luft zu vernichten, welche, unter dem embolus befindlich, dessen Herabsteigen im

Wege gestanden wäre, oder, was auf dasselbe hinausläuft, wie er nach Willkühr den untern Pumpenraum luftleer machen konnte.

Dieser Physiker hegte eine Zeit lang den Gedanken, sich hiebei eines Wasserrades zu bedienen, welches die Kolben einer gewöhnlichen Saugpumpe in Bewegung setzen sollte. Im Falle der Wasser-Zufluß, welcher dieses Rad in Bewegung zu setzen hat, von der Maschine zu weit entlegen wäre, wollte er dieselbe mit der Saugpumpe durch solche metallene Röhren in Verbindung setzen, wie sie bei den heutigen Gas-Bereitungen angewendet werden. Es wäre dieß, sagt er, ein Mittel, die Kraft der Flüsse sehr weit zu verlegen.

In diesem Stande ward die Maschine im Jahr 1687 der königlichen Societät zu London übergeben, wo sich Schwierigkeiten rücksichtlich derselben ergaben, deren Papin erwähnt, ohne sich auszusprechen, worin diese Schwierigkeiten bestanden haben. (Siehe „Recueil“ etc. S. 41.) Früher schon hatte er versucht, den luftleeren Raum unter dem Dampf-Kolben mittelst Schießpulver zu bewirken; „aber ungeachtet aller Sorgfalt, welche dabei angewendet wurde,“ sagt er, „ist in der Röhre immer ungefähr der fünfte Theil der im gewöhnlichen Stande darin befindlichen Luft zurückgeblieben, was zwei Unzukömmlichkeiten herbeiführt. Die eine ist, daß hiedurch ungefähr die Hälfte der Kraft, über welche man eigentlich disponiren sollte, verloren geht, dergestalt, daß man nur 150 Pfund um einen Schuh Höhe heben konnte, wo man hätte 300 Pfund heben sollen, wenn die Röhre völlig luftleer gewesen wäre. Der andere Nachtheil ist, daß in dem Maaße, als der Stempel herab kommt, die Kraft, welche ihn abwärts treibt, mehr und mehr abnimmt“ rc. (Recueil etc. S. 52.)

„Ich suchte daher,“ fährt er fort, „auf eine andere Art zum Ziele zu gelangen, und indem ich berücksichtigte, daß das Wasser, wenn es durch das Feuer in Dämpfe verwandelt wird, wie die Luft, die Eigenschaft der Elasticität, nebstdem aber noch die Eigenthümlichkeit besitzt, sich hernach durch Abkühlung so völlig wieder zu verdichten, daß gar keine Spur von dieser Tension übrig bleibt; so kam es mir einleuchtend vor, daß es nicht schwer seyn müßte, Maschinen zu verfertigen, bei welchen mittelst

einer mittelmäßigen und wenig kostspieligen Erhitzung das Wasser den luftleeren Raum erzeugen würde, was man vergeblich mittelst des Schießpulvers zu bewirken suchte."

Dieser wesentliche Absatz findet sich auf der 53. Seite des Recueil gedruckt zu Kassel im Jahre 1690. Auf denselben folgt die Beschreibung der kleinen Vorrichtung, deren sich Papin bediente, um seine Erfindung durch Versuche zu bewähren. Der Pumpenkörper hatte nur 2½ Zoll Dicke und wog nicht 5 Unzen. Dennoch hob diese Maschine mit jedem Gange 60 Pfund um eine Größe, gleich dem Spielraum des embolus in der Pumpe. Der Dampf verschwand so vollkommen, wenn man das Feuer entfernte, daß der embolus, dessen Aufsteigen dieser Dampf bewirkt hatte, „bis ganz auf den Grund herabgieng, dergestalt, daß man keinen Zweifel hegen konnte, als sey noch eine Quantität Luft übrig geblieben, um ihn nach aufwärts zu drücken und dessen Herabsinken sich zu widersetzen." (Recueil S. 55.) Das Wasser, welches den Dampf zu diesen ersten Versuchen lieferte, war nicht in einem abgesonderten Kessel enthalten; es wurde in den Pumpenraum selbst über der Metallplatte, welche selben von unten schloß, eingelassen. Diese Platte war es, welche Papin unmittelbar erhitzte, um das Wasser in Dämpfe zu verwandeln; es war eben diese Platte, welche er durch Entrückung des Feuers auskühlen ließ, wenn er die Verdichtung bewerkstelligen wollte. Er berichtet, daß bei einem mittelmäßigen Feuer ihm bei den Experimenten im Jahre 1690 eine Minute genügte, um auf diese Weise den Stempel „bis an den obersten Rand seiner Röhre hinauf zu treiben." (Recueil S. 55.) Aber bei den späteren Versuchen hat er „die Röhren in einer Viertel-Minute luftleer gemacht." (Recueil S. 61.)

Uebrigens erklärt er selbst, daß wenn man immer von dem Principe der Verdichtung der Dämpfe durch die Kälte ausgehe, man zu dem von ihm vorgesteckten Ziele „durch verschiedene, leicht auszudenkende Vorrichtungen gelangen könne." (Siehe Recueil S. 53.)

Die Maschine Salomons de Caus, jene des Marquis von Worcester, waren einfache Ausschöpf-Maschinen. Die Er-

finder hatten sie nur als Mittel zum Heben des Wassers aufgeführt. Das war auch die Hauptanwendung, welche Papin von seiner Maschine mit atmosphärischem Drucke zu machen gedachte; aber zugleich hatte er ganz wohl eingesehen, daß die Bewegung des Steigens und Sinkens des Stempels im Pumpenraume auch anders verwendet, und eine allgemeine bewegende Kraft werden könne. Man wird in der That auf der 58. und 59. Seite des Recueil und selbst schon in den Akten von Leipzig vom Jahre 1690 eine Art finden, diese Kraft wechselweise in eine drehende Bewegung umzugestalten. Ich werde nicht länger bei diesem Gegenstande beharren, weil wir ihn später, bei Gelegenheit der Dampfboote, wieder aufnehmen werden, und ich werde den Absatz über Papin damit schließen, daß ich dem Leser mehrere Folgerungen vorführen werde, welche mir aus den eben gelesenen Extracten zu fließen scheinen.

Papin hat der Erste eine Dampfmaschine mit Kolben erdacht.

Papin hat zuerst eingesehen, daß der Wasserdampf ein einfaches Mittel abgiebt, um große luftleere Räume zu erzeugen.

Papin ist der Erste, welcher daran dachte, bei einer Dampfmaschine die Wirkung der ausdehnsamen Kraft des Dampfes mit der weiteren Eigenschaft, welche dieser Dampf besitzt, und auf welche er aufmerksam gemacht hat, nämlich sich durch Abkühlung zu condensiren, in Verbindung zu benützen. *)

---

*) Jene, welche die Geschichte der Dampfmaschinen des Doctor Robison lesen werden (siehe die letzte Ausgabe, commentirt von Watt), werden darin Seite 99. finden, daß der erste Aufsatz Papins (First publication) über die Dampfmaschinen vom Jahr 1707 ist; daß dieser Mechaniker keineswegs vorgeschlagen hat, einen wirklichen Stempel anzubringen, sondern einen bloßen Schwimmer gemeint habe; daß er überdieß niemals daran gedacht habe, worauf es hier eigentlich ankommt, die herabsteigende Bewegung eines Kolbens durch die Condensirung des Dampfes zu bewirken. Dieses Urtheil findet man auch in der Encyclopädie des Dr. Rees, Blatt 72, Artikel steam engine ausgesprochen. Der Verfasser dieses Artikels hat in den Akten von Leipzig die

1698.

Capitän Savery.

Wir haben keinen Beweis, daß Salomon de Caus jemals seine Dampfmaschine wirklich habe in Ausführung brin-

---

Beschreibung der Maschinen gelesen, in welchen Papin den luftleeren Raum durch Schießpulver erzeugen wollte, denn er führt selbe an; aber durch ein unerklärliches Geschick ist der in eben diesen Akten eingeschaltete Aufsatz, in welchem Papin den Wasserdampf anstatt des Schießpulvers anwendet, seinen Blicken entgangen, nachdem er erklärt, die Apparate dieses Mechanikers seyen niemals intended to be worked by steam. Hr. Millington ist unserem Landsmanne ebensowenig geneigt, dessen Ideen über die Mittel, mit Hülfe des Dampfes eine bewegende Kraft zu erzeugen, wie er sagt, durchaus jünger sind, als das Patent Savery's (S. 255.); (das Patent Savery's ist vom Jahre 1698). Hr. Lardner versichert gleichermaaßen in seinen, neuerlich herausgegebenen, Vorlesungen, daß die Franzosen ihre Ansprüche auf die Erfindung der Dampfmaschinen auf das Werk Papins gründen, welches doch erst 1707, neun Jahre nach dem Datum des Privilegiums Savery's erschienen ist. Diese Bemerkung, sagt er, zerhaut völlig den Knoten der Streitfrage: Papin hat keinen Anspruch oder Antheil an der Erfindung der Dampfmaschinen. (Siehe Leçons sur la machine à vapeur, Seite 96, 97 und 101 der französischen Ausgabe.)

Ist es nicht wirklich seltsam, daß der größte Theil der englischen Schriftsteller sich hartnäckig darauf beschränkt, nur ein einziges Werk Papin's, nämlich das vom Jahre 1707 anzuführen: daß sie über das bei weitem umfangreichere Werk durchaus nicht Rede stehen wollen, aus welchem ich verschiedene Stellen wörtlich entlehnt habe, und wovon zwei Ausgaben in demselben Jahre 1695, eine im Französischen zu Kassel und eine lateinisch in Marburg erschienen sind, daß ihnen die Aufsätze dieses Autors, welche in den Akten von Leipzig eingereihet sind, als gar nicht erschienen vorkommen! Ich werde zugestehen, daß kein eigentlicher Stempel bei der Auspumpe-Maschine vom Jahr 1707 vorkomme, daß die Verdichtung des Dampfes dabei gar nichts zu thun habe, daß auf alle Fälle diese Maschine einer spätern Zeit angehört, als das Patent Savery's. Aber was folgt aus allem dem, da es nicht das Werk von 1707 ist, auf welches wir uns berufen werden, sondern vielmehr ein Recueil vom Jahre 1695, sondern vor Allem die „Transakten von Leipzig" vom Jahre 1690? Bossut stützt sich in seiner Hydrodynamik auf das Werk

gen lassen. Ich könnte dasselbe vom Marquis von Worcester sagen. *) Diejenige der Papin'schen Maschinen, bei welcher die Wirkung des Dampfes und der Verdichtung desselben wechselweise im Spiele ist, wurde nur im Kleinen ausgeführt, lediglich in der Absicht, durch Versuche die Folgerichtigkeit des Princips zu zeigen, auf welches sie gestützt ist. **) Auch könnte

vom Jahre 1695, um Papin einen wesentlichen Antheil an der Erfindung der Dampfmaschinen zuzuweisen. Robison erwiedert, daß dieses Werk gar nicht existire! („The fact is that Papin's first publication was in 1707"). Ich würde es begreiflich finden, wenn er erklärt hätte, daß er es nicht gelesen habe, aber ein so entschiedenes Abläugnen der bestimmten Behauptung Bossut's entgegenzusetzen, war ein um so unverzeihlicheres Versehen, als das Werk Papins in England nicht sehr selten ist, als auf alle Fälle die Akten von Leipzig, welche den Kern davon enthalten, sich in allen vorzüglichen Bibliotheken befinden, als endlich dieses Werk im März 1697 in den Philosophicals transactions, also ein Jahr vorher angekündigt und besprochen worden ist, ehe von der Maschine Savery's die Rede war. Die Darlegung in den Transactions philosophicals giebt überdieß was nicht vergessen werden darf, den Text derjenigen Stelle des Papin'schen Werkes, welche sich auf die Anwendung des Dampfes als Mittel, den Dampf-Kolben hinaufzutreiben, und sohin unter demselben einen leeren Raum zu erzeugen, bezieht. (Siehe Transact., B. XIX., S. 483.)

*) Das von Marquis von Worcester angesuchte Privilegium wurde ihm, nach der Aeußerung Walpole's, auf seine, den hiezu ernannten Commissären gegebene, einfache Versicherung ertheilt, daß er eine Maschine erfunden habe, welche durch die Wirkung des Dampfes getrieben werde. Wäre seine Maschine wirklich erbaut gewesen, so wäre diese seiner Versicherung beigefügte Bemerkung, wie Hr. Stuart anmerkt, unnöthig gewesen. Es ist mir nicht unbekannt, daß man andererseits im Gegentheile behauptet hat, das von Worcester angesuchte Privilegium sey der Gegenstand einer langen und umständlichen Prüfung gewesen; aber um das Zeugniß Walpole's zu entkräften, hätte man beweisen müssen, daß die Commissäre des Parlaments eine in Thätigkeit begriffene Maschine, oder doch ein Modell gesehen haben, was jedoch bisher noch Niemand behauptet hat.

**) Graf Sintzendorf, Eigenthümer mehrerer, unter Wasser gesetzten Minen in Böhmen, hat unsern Papin eingeladen, sie

man, ohne große Ungerechtigkeit, die Dampfmaschinen Savery's, wiewohl sie, die Wahrheit zu sagen, nichts völlig Neues enthalten, nicht übergehen, weil es wirklich die ersten waren, welche angewendet worden sind. Ich halte es übrigens für unnöthig, hier eine Zeichnung derselben einzuschalten; der Leser wird ohne diese Beihülfe sich davon eine zutreffende Vorstellung machen können, wenn er sich jene Salomon's de Caus in's Gedächtniß zurückruft und folgenden Betrachtungen einige Aufmerksamkeit schenken will.

Nach dem Vorschlage de Caus' wurde der Dampf, welcher die bewegende Kraft repräsentirt, in demselben Gefäße mit dem zu hebenden Wasser und aus eben diesem Wasser erzeugt. In der Maschine Savery's kommen zwei getrennte Gefäße vor, deren eines das Wasser, und das andere, welches man den Dampfkessel nennen kann, den Dampf enthält. Denkt man sich den Dampf in hinreichender Menge erzeugt, so wird derselbe aus dem Kessel durch eine Communications-Röhre, die nach Belieben mit einem Hahne zu öffnen ist, in den oberen Theil des mit Wasser gefüllten Gefäßes eindringen. Der Dampf wird also von oben herab auf die Oberfläche dieses Wassers drücken, und es durch eine aufsteigende Röhre hinauftreiben, welche Röhre jedoch allemal unter dem Spiegel dieser gedrückten Flüssigkeit eingesetzt seyn muß, weil andernfalls der Dampf selbst durch diese Röhre entweichen würde. Bis hieher ist der Unterschied zwischen beiden Maschinen nicht von Bedeutung; setzen wir jedoch die Vergleichung fort.

In der Maschine Salomon's de Caus hat ein Arbeiter, sobald der Druck des Dampfes seine Wirkung gethan hat,

---

mit seiner Maschine auszupumpen; aber die unglücklichen Verhältnisse, in welchen Deutschland damals verwickelt war, gestatteten ihm nicht, den Aufenthalt zu verändern. „Es wäre mir im höchsten Grade erwünscht," sagte er, „Euer Excellenz meine ergebenen Dienste zu widmen, wären es nicht die in unserer Nachbarschaft verwüsteten Länder und die Ungewißheit über die bevorstehenden kriegerischen Ereignisse, welche mich abhalten, meine Familie in einer solchen Zeit auf so lange zu verlassen. („Recueil de diverses pièces," etc. S. 49.)

das ausgegangene Wasser durch eine am obern Ende der Metall-Kugel angebrachte Oeffnung, welche sich nach Belieben auf- und zuschließen läßt, zu ersetzen. Es ist dann nichts weiter zu thun, als das Feuer wieder anzufachen. In der Maschine ist es nicht ein Arbeiter, sondern der Druck der Atmosphäre, welche das Wasser in das für die Flüssigkeit bestimmte Gefäß fortwährend zuführt. Der Dampf, welcher während des ersten Turnus seiner Wirksamkeit das Wasser dieses Gefässes herausgetrieben hat, erfüllt nunmehr eben dieses Gefäß: aber dieser Dampf, er mag noch so kräftig gewesen seyn, wird sich größtentheils niederschlagen, wenn man seine Temperatur bedeutend herabsetzt. Es wird hiezu genügen, wie es Savery bei seiner Vorrichtung auch wirklich gehalten hat, wenn man die Wände des nunmehr mit Dampf gefüllten Gefäßes mit kaltem Wasser übergießt. Alsdann wird der atmosphärische Druck mit Leichtigkeit den unmerklich gewordenen Gegendruck der durch die Abkühlung nicht ertödteten, noch übrigen Dämpfe überwinden, und sobald das Gefäß durch eine Röhre mit einem Gewässer in Verbindung gesetzt ist, dessen Spiegel nicht über 25—30 Schuh tiefer steht, so wird sich dasselbe durch Aufsaugen wieder füllen. Fügen wir noch hinzu, daß, um das Ausströmen nicht zu unterbrechen, Savery ein drittes Gefäß angewendet habe, welches sich durch Aufsaugen mit Flüssigkeit füllte, während das erstere sich entleert, und umgekehrt; und daß das dritte wie das zweite Gefäß wechselsweise mit dem Dampfkessel in Verbindung gesetzt wurde, so daß mittelst eines zweckmäßig angebrachten Systems von Röhren und Hähnen eins nach dem andern zum Ausströmen kommen konnte, so sind alle wesentlichen Punkte der Maschine dieses Technikers berührt worden.

Man hat der Maschine Salomon's de Caus den Vorwurf gemacht, daß sie das Wasser erhitzen müsse, welches sie zu heben bestimmt ist. Dieser Vorwurf hat allerdings einiges Gewicht in ökonomischen Rücksichten, aber er trifft auch bis auf einen gewissen Grad die Maschine Savery's. In dieser Maschine wird der aus dem Kessel kommende Dampf, nachdem er unmittelbar auf die Oberfläche des ersten und zweiten Gefäßes einwirkt, sich darin in Menge niederschlagen. Sein

Druck wird erst wirksam, nachdem das Wasser bereits eine hohe Temperatur angenommen hat: fängt also das Wasser zu steigen an, so ist es bereits erhitzt. Robison behauptet durch Experimente ausgemittelt zu haben, daß bei der Savery'schen Methode, die Dämpfe anzuwenden, wenigstens $^{11}/_{12}$tel der erzeugten Dämpfe durch Niederschlagung verloren gehen, sey es an den Wänden des zweiten und dritten Gefässes oder durch das in demselben enthaltene Wasser, selbst wenn dieses Wasser dem geringsten Drucke weicht. Bei einer analogen Maschine ist Papin im Jahre 1707, um die eben besprochene ungeheure Vergeudung des Dampfes zu vermeiden, auf den Gedanken gekommen, das Wasser mit einem Schwimmer zu decken *). Dieser Kunstgriff ward nicht adoptirt, jedoch wie mir scheint, nicht sowohl wegen wesentlicher, derlei Vorrichtungen anklebenden Gebrechen, sondern wegen einiger Schwierigkeit der Ausführung. Um z. B. das Wasser auf die nicht bedeutende Höhe von 65 Metres (200 Fuß) zu treiben, hat Savery

*) Hr. Robert ist der Meinung, daß Papin bei Anbringung des Schwimmers in seinem Pumpenstiefel nicht daran gedacht habe, hiedurch das Condensiren der Dämpfe zu verhindern. (Siehe a Descriptiv history, zweite Ausgabe S. 52.) Papin spricht sich doch sehr deutlich über diesen Punkt aus, und man wird sich aus nachfolgender Stelle, welche ich auf Seite 26. des Werkes von 1707 gefunden habe, selbst überzeugen können, wie betroffen er über dieses Gebrechen war:

„Ich bemerke, daß die heißen Dämpfe, welche in die Pumpe dringen, um das Wasser auszutreiben, in der Maschine (jenes Savery's) mit dem kalten Wasser zusammentreffen, welches sie niederschlägt und ihnen den größten Theil ihrer Kraft benimmt — fast, nachdem man das Wasser erhitzt hat, kann man es in die Höhe treiben; — um das Wasser dergestalt zu erhitzen, bedarf es vieler Dämpfe, man muß daher das Wasser in der Retorte (Dampfkessel) häufig ersetzen, und es braucht viele Zeit und viel Holz, selbe wieder zu erhitzen. Aber mit Hülfe unseres Stempels (eines Schwimmers mit doppeltem Boden) werden die Dämpfe immer nur mit derselben Metallfläche zusammentreffen, welche bald auf einen solchen Grad erhitzt werden wird, daß die darauf einwirkenden Dämpfe wenig oder gar nichts von ihrer Kraft verlieren werden."

den Dampf seines Kessels auf den sechsfachen Druck der Atmosphäre treiben müssen; daher die immerwährenden Anstände in den Bindungen, das Schmelzen des Mastix und selbst gefährliche Explosionen. Auch haben die Maschinen dieses Mechanikers trotz des seinem Werke vorgesetzten Titels keine guten Dienste in den Bergwerken geleistet. Sie wurden nur dazu angewendet, das Wasser in Palästen oder Lustschlössern, in Parks oder Gärten an verschiedene Punkte zu leiten, mit einem Worte, auf solche Weise, daß das Niveau des Zulaufes nicht über 40 Fuß überstiegen wurde.

Die Maschine Papin's, im Gegentheile, kennt keine Höhe, wohin sie das Wasser nicht zu leiten vermöchte, selbst wenn nur Dampf von sehr geringer Energie angewendet wird; hiezu genügt völlig, dem Pumpenstiefel eine gehörige Weite zu geben.

Mit Zusammenfassung des Gesagten: Savery hat sich der ausdehnsamen Kraft des Dampfes bedient, um das Wasser in eine vertikale Röhre zu treiben, aber Salomon de Caus hat das Nämliche ganz auf dieselbe Weise 83 Jahre früher gethan. Savery hat durch Aufsaugen die Gefäße gefüllt, auf welche der Dampf sohin einwirken sollte; aber im Jahre 1698 war die Erfahrung des Aufsaugens nichts Neues mehr, weil man schon früher von dem Abscheu der Natur vor dem leeren Raume gefabelt hatte, um diese Erscheinung zu erklären, und weil man diese Kraft überdieß ganz auf dieselbe Weise benützt findet, wie es der englische Mechaniker gethan hat, nämlich in den „Raisons des forces mouvantes" Blatt 19., auf der Kehrseite. Ueberdieß trug das Saugen sehr wenig zur Werth-Erhöhung der Maschine bei, denn sie vermehrte kaum um 30 Fuß die Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit ohnedieß hätte gehoben werden können. Savery endlich bewirkte den leeren Raum, welcher das Aufsaugen bedingte, durch Abkühlung des Dampfes. Diese Anwendung ist von Wichtigkeit, allein Papin hatte sie schon lange Zeit vorher bekannt gemacht. Das an Savery verliehene Patent ist vom 25. Juli 1698. Die vor der königlichen Societät mit seiner Maschine angestellten Versuche sind vom Juni 1699; die erste Ausgabe des „Bergmanns-Freundes" (Miner's Friend) ist vom Jahre 1702 da-

tirt, also wäre die Priorität der Papin'schen Artikel um 3 Jahre ausgewiesen, selbst dann, wenn man die „Akten von Leipzig" bei Seite setzen und nur des „Recueil" gedenken wollte, in welchem verschiedene Aufsätze dieses Schriftstellers gesammelt sind, denn dieses Werk ist im Jahr 1695 publicirt worden. Was bleibt also für Savery? Die Ehre, zuerst eine durch Dämpfe getriebene Wasser-Schöpfmaschine in etwas größerem Maaßstabe ausgeführt zu haben, und wenn man will, die Anwendung des kalten Wassers, womit die äußeren Wände der die Dämpfe einschließenden Metall-Gefäße bespritzt wurden, um die Dämpfe zu condensiren. Als Papin zum Erstenmal das sinnreiche Mittel bekannt machte, daß der luftleere Raum erzeugt werde könne, äußerte er sich nicht weiter über die „verschiedenen, leicht auszuführenden Vorrichtungen" (dieß sind seine eigenen Ausdrücke), welche man zu diesem Endzwecke anwenden kann. Bei seinen Versuchen mit dem kleinen Cylinder begnügte er sich, wie man gesehen hat, damit, das Feuer zu entfernen.

1708.

Newcomen, Cawley und Savery *).

Die Schöpf-Maschine, bei den Professionisten unter dem Namen „Maschine Newcomen's" oder „atmosphärische Maschine" bekannt, ist die erste, welche der Industrie wesentliche Dienste geleistet hat. Ich muß sogar bemerken, daß an Orten,

*) Thomas Newcomen und John Cawley waren Beide aus der Stadt Darmuth in Devonshire, Ersterer war ein Stahl-Arbeiter oder Schmid, denn er ist in den englischen Biographien bald als ironmonger und bald als blacksmith bezeichnet; der Andere war von Profession ein Glaser (a glazier). Newcomen besaß einige Kenntnisse und stand in Briefwechsel mit Hooke, Sekretär der königlichen Societät und einem der genialsten Gelehrten, deren sich England rühmen kann. Uebrigens läßt sich auf keine Weise ausmitteln, ob er und sein Genosse Cawley gleichen Theil an den verschiedenartigen Versuchen genommen haben, welche die Herstellung der ersten großen Dampfmaschine mit athmosphärischem Drucke herbeigeführt hat.

wo die Kohlen nicht theuer kommen, sie noch immer angewendet wird, und man nicht für vortheilhaft gefunden hat, sie durch neuere Maschinen zu verdrängen. Diese Maschine ist übrigens, vorbehältlich einiger sehr wesentlicher Details der Ausführung, welche ich weiter unten andeuten werde, ganz und gar dieselbe Maschine, welche Papin in den Jahren 1690 und 1695 vorgeschlagen und im Kleinen versuchsweise ausgeführt hat. (Siehe oben die letzte Zeichnung). Bei einer, wie bei der andern findet man in der That eine metallene Pumpe, welche unten geschlossen und oben offen ist, und einen Dampf-Kolben, welcher geeignet ist, in der ganzen Pumpenröhre auf und nieder zu gehen. Bei Beiden findet das Aufsteigen des Dampf-Kolbens statt, wenn der Dampf den unter demselben befindlichen Pumpenraum ungehindert erfüllt. Bei der englischen, wie bei der Papin'schen Maschine werden, sobald der Dampf-Kolben an die äußerste Grenze seiner aufsteigenden Bewegung gelangt ist, die Dämpfe, welche ihn bis dahin getrieben haben, verdichtet, um auf diese Weise die Leere in dem ganzen, von dem Dampf-Kolben eben zurückgelegten Pumpenraume hervorzubringen, damit derselbe sohin durch die Gewalt der Atmosphäre herabgedrückt werde. Papin hat gelehrt, daß man die Dämpfe durch Erkältung condensiren müsse; ebenfalls die Kälte ist es, durch welche Newcomen, Cawley und Savery sich ihres Dampfes entledigen, welcher dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht hält. Von den verschiedenen Vorrichtungen, welche man zu diesem Zwecke ersinnen kann (dieß sind die, welche in dem Recueil de pièces S. 53. vorkommen), haben die englischen Mechaniker eine ausersehen, welche bei einer in's Große angelegten Maschine bei weitem derjenigen vorzuziehen ist, welche Papin selbst bei den mit seinem kleinen Modelle angestellten Versuchen angewendet hat. Anstatt das Feuer wegzuschaffen, wie Papin es machte, gossen Newcomen, Cawley und Savery eine reichliche Menge kalten Wassers in den die Maschine umgürtenden Raum zwischen die äußeren Wände der Pumpe und einen zweiten, etwas weitern Cylinder, welcher derselben als Umhüllung diente. Die Erkältung ver-

breitete sich auf diese Weise nach und nach durch die ganze Dicke des Metalles, und erreichte bald auch den Dampf selbst.

Die bezüglich der Abkühlung der Wasserdämpfe auf diese Art verbesserte Maschine Papin's erregte im höchsten Grade die Aufmerksamkeit der Bergwerks-Besitzer, und schien gleich bei ihrem Aufkommen die unverhoffte Lösung einer Aufgabe mit sich zu führen, deren Schwierigkeiten durch die erfolglosen Versuche Savery's besonders hervorgehoben worden waren. Newcomen und Cawley hatten ein Patent verlangt. Savery that die Einsprache, daß er bereits im Besitz eines ausschließenden Privilegiums über die Mittel, den leeren Raum durch Abkühlung der Dämpfe zu erzeugen, sich befinde. Um allen Streit zu beseitigen, ward das Patent auf den Namen und auf Rechnung der drei Mitbewerber genommen, von welchen also die beiden ersteren die Idee der Dampf-Maschine mit einem Dampf-Kolben und der Dritte jenen des Condensirens von Papin's Vorschlägen sich aneigneten. *)

Im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts war die Kunst, große, vollkommen cylindrische Pumpen zu verfertigen, und in

*) Bei den Künsten sowohl als bei den Wissenschaften wird der zuletzt Auftretende so angesehen, als habe er um die Arbeiten seiner Vorgänger gewußt. Jede gegentheilige Erklärung ist in dieser Beziehung ohne Wirkung. Da nun die Bekanntmachung Papin's über seine Maschine mit atmosphärischem Drucke den Patenten Savery's und Newcomen's lange vorausgegangen ist, so habe ich gar keinen Grund, mich in eine Untersuchung einzulassen, ob die englische Maschine eine Nachahmung sey oder nicht. Dem ausgesprochenen Grundsatze nach ist sie eine Nachahmung, weil sie der anderen gleicht und nach derselben erschienen ist. Allein in diesem besonderen Falle weiß man überdieß, daß Newcomen von den Vorschlägen Papin's Kenntniß gehabt habe. Anmerkungen, welche man unter den Papieren Hook's vorfand, haben in der That bewiesen, daß der Handwerker von Darmuth diesen berühmten Gelehrten consultirt habe, bevor er sich auf seine Versuche eingelassen hat, und da war es denn die französische Maschine, welche er über dessen vertrauliche Mittheilung auszuführen beschloß. (Siehe *Robison*, a System etc. 2. Bd. S. 58.)

ihrem Inneren bewegliche Stempel anzubringen, welche sie hermetisch schließen, noch nicht weit gediehen. Es war daher auch bei der Maschine von 1705, um das Entweichen des Dampfes durch die zwischen der innern Fläche des Cylinders und dem Rande des Stempels enthaltenen Zwischenräume zu verhindern, die obere Fläche desselben mit einer Schichte Wasser bedeckt, welches in alle Fugen eindringen und sie ausfüllen sollte. Eines Tags, als eine Maschine von dieser Art unter den Augen der Erbauer im Gang war, bemerkten sie zu ihrer außerordentlichen Ueberraschung, daß der Stempel mehrmals hinter einander viel schneller hinabsank, als gewöhnlich. Diese Schnelligkeit war ihnen um so befremdender, als die Abkühlung des Pumpenkörpers, welche durch das zugeleitete, der äußeren Oberfläche entlang herabfließende Wasser bewirkt wurde, bis dahin die Condensirung der innern Wasserdämpfe nur ziemlich langsam herbeigeführt hatte. Auch ward es durch die angestellten Untersuchungen constatirt, daß an diesem Tage die Condensirung auf eine ganz andere Weise vor sich gieng: da der Stempel zufällig ein kleines Loch erhalten hatte, so träufelte das über demselben befindliche kalte Wasser in das Innere des Cylinders quer durch den Dampf und verursachte dessen schnellere Condensirung.

Seit dieser Zeit hat man die Luftdruck-Maschinen mit einer Oeffnung, wie die Rose einer Gießkanne, versehen, von welcher ein Regen kalten Wassers ausgeht, der sich im Pumpenraume verbreitet und die darin befindlichen Dämpfe in dem Augenblick verdichtet, wo der Embolus herabsteigen soll. Die Abkühlung von Außen wird auf diese Weise beseitigt, und das Steigen und Sinken geht viel schneller vor sich. Diese wesentliche Verbesserung war also, wie so viele andere, die Wirkung eines glücklichen Zufalles. Ich will jedoch hiedurch keineswegs das Verdienstliche desselben verringern. Ich bedaure sogar recht sehr, daß ich hier nicht jenen der drei Genossen bezeichnen kann, dessen erfindungsreicher Geist auf der Stelle in dem zufälligen Ereignisse, welches ich gemeldet habe, das Princip einer Verbesserung erblickte, welche man noch bei den heutigen Maschinen antrifft, allein die Ueberlieferung schweigt über diesen Punkt.

1769.

James Watt.*)

Ehe ich mich in eine Auseinandersetzung der Erfindungen Watt's einlasse, sollte ich vielleicht die Titel der vielen Patente aufzählen, welche er während seiner langen und rühm-

*) James Watt ward geboren zu Greenock in Schottland im Jahre 1736, von achtbaren, jedoch armen Eltern. Die außerordentliche Schwächlichkeit seiner Constitution schien ihm kein langes Leben zu versprechen. Dieser betrübte Umstand brachte ihn wenigstens frühzeitig zur Angewöhnung der Zurückgezogenheit und des emsigen Forschens, ohne welche selten große Dinge zur Welt gefördert werden. Der junge Watt besuchte bis in sein sechszehntes Jahr eine der öffentlichen Freischulen, welche in Schottland Grammar school genannt werden. Sohin gaben ihn seine Eltern in eine kleine Werkstatt in die Lehre, wo Compasse, Wagen, einige physikalische Apparate, Sonnen-Uhren und verschiedenes Fischergeräthe verfertigt ward. Später begab er sich nach London zu einem Mechaniker, der mathematische Instrumente verfertigte. Daselbst mußte er sich einmal wegen einer besondern Arbeit einen ganzen Wintertag hindurch in der Nähe der Thüre der Werkstatt aufhalten und holte sich einen heftigen Husten, von welchem ihn die Aerzte sein ganzes Leben hindurch nicht wieder völlig befreien konnten. Er entschloß sich sodann, die Wirkungen der heimathlichen Luft zu versuchen, kehrte nach Schottland zurück und richtete sich ein bescheidenes Etablissement auf eigene Rechnung ein. Im Jahr 1757 verlieh die Universität Glasgow dem damals 21 Jahre alten Watt den Posten eines Conservators der Modell-Sammlung. Mit diesem Titel erlangte er eine freie Wohnung im Collegien-Gebäude mit der Erlaubniß, daselbst seinen kleinen Handel fortzutreiben. Robison war zu diesem Zeitpunkte unter der Zahl der Studenten dieser Universität. Er trat in Verbindung mit Watt, vertraute ihm sein Projekt, die Dampf-Maschinen zur Bewegung der Wägen anzuwenden, und regte ihn an, sich selbst mit deren Vervollkommnung zu befassen. Mehrere Versuche, welche dieser Künstler in den Jahren 1759, 1761 und 1762 anstellte, führten zu keinem Erfolge; aber im Jahre 1764 gewannen seine Verbesserungs-Ideen vielen Gehalt. Beauftragt, lediglich als Arbeiter eine Maschine Newcomen's, ein Stück des physikalischen Kabinettes, auszubessern, entdeckte Watt darin Fehler, welche die kleinen Dimensionen dieses Mo-

lichen Laufbahn erhalten hat. Aus diesen Titeln würde man treffend den Gegenstand der wichtigen Verbesserungen ersehen, welche dieser ruhmwürdige Mechaniker eine nach der andern in den Maschinen seiner Vorgänger angebracht hat. Hiedurch würden andererseits Diejenigen enttäuscht, welche ohne allen Grund vermeinen, daß die in unseren Tagen angewendete

delles auffallender machten, welche jedoch nicht minder auch auf die großen Maschinen einwirken mußten, obwohl man bisher nicht auf sie aufmerksam gemacht hatte. Daher datirt sich der Zeitpunkt nnd Ursprung der Vervollkommnungen, welche im Texte entwickelt sind. Mehrere Jahre vergiengen jedoch, ehe Watt hierüber eine entscheidende Probe anstellen konnte. Im Jahre 1764 verließ er die Universität, nachdem er geheirathet hatte, und versah einige Zeit den Dienst als Feldmesser. Seine erste verbesserte Maschine ward erst im Jahr 1768, jedoch sogleich in ziemlich großem Maaßstabe ausgeführt, denn die Pumpenröhre hatte 18 Zoll im Durchmesser. Doctor Roebuck, durch dessen Geldvorschüsse Watt in den Stand gesetzt ward, diese Arbeit zu vollbringen, führte diese Maschine bei den Brunnen einer dem Herzog von Hamilton gehörigen Steinkohlen-Grube ein. Alle diese Namen glaubte ich aufführen zu müssen, sie gehören der Geschichte an. In eben diesem Jahre 1768 verlangte Watt sein erstes Patent, erhielt es jedoch erst im Jahre 1769. Endlich im Jahr 1773, nachdem Doctor Roebuck sich freiwillig zurückgezogen hatte, trat er in Gesellschaft mit Matthew Boulton von Birmingham. Das Vermögen dieses Gewerkmeisters, sein umfassender und regsamer Geist, die persönlichen Verbindungen, welche er mit einer Masse allen Klassen der Gesellschaft angehöriger Individuen angeknüpft hatte, gaben der Unternehmung den lebhaftesten Impuls. Das mit dem Patente ertheilte Privilegium wollte jedoch bereits zu Ende gehen, ehe noch die neue Fabrik zu Soho einen sicheren Gewinn abgeworfen hatte. Boulton verwendet sich bei der Obrigkeit, fordert seine zahlreichen Freunde zur Mitwirkung auf, weiß dem Hofe und der Stadt Antheil für sein Projekt einzuflößen, und erlangt durch seine vielen und wohlberechneten Schritte vom Parlamente die Verlängerung des ursprünglichen Privilegiums bis zum Jahre 1800. Von diesem Zeitpunkte (1775) an ward die Verbindung Watt's und Boulton's mit dem besten Erfolge gekrönt. Bald war der unfruchtbare Hügel von Soho, nahe bei Birmingham, wo das Auge des Reisenden bisher kaum eine Jagdhütte erblickte, mit schönen Gärten, prunkvollen Wohn- und Fabrik-Gebäuden bedeckt,

Dampf=Maschine von einem einzigen Manne und mit Einem Schlage hervorgerufen worden sey; aber die Anforderung, diese Notiz in Kürze zusammenzufassen, nöthigt mich, unverweilt auf den Gegenstand selbst überzugehen.

Vom Condensator.

Damit die Dampf=Maschine mit atmosphärischem Drucke, welche die Maschine Newcomen's genannt wird, gute Dienste leiste, ist erforderlich, daß erstens in dem Augenblicke, wo die herabsteigende Bewegung des Embolus beginnt, in dem ganzen, unter demselben befindlichen Pumpenraum so vollkommen, als nur immer möglich, die Leere hergestellt sey, daß zweitens

welche, sey es durch ihre Ausbreitung, sey es durch die hohe Brauchbarkeit und Vortrefflichkeit der darin angefertigten Arbeiten, in kurzer Zeit die Ersten in Europa wurden. Die Entdeckungen Watt's waren von zu unmittelbarer, allgemeiner Anwendbarkeit, als daß akademische Titel etwas zu dem Rufe dieses großen Mechanikers hinzufügen konnten. Immer müssen wir jedoch anführen, daß die ersten gelehrten Gesellschaften, z. B. die Edinburger und Londoner, sich beeilten, ihn als Mitglied aufzunehmen. Das Institut de France seinerseits erwählte ihn 1808 zum Correspondenten und gewährte ihm 1814 den schönsten Preis, den er erstreben konnte, indem sie ihn zu einem ihrer acht auswärtigen Mitglieder ernannte. In seinem vorgerückten Alter zog sich Watt, im Besitze eines glänzenden Vermögens, der Frucht seines edlen und arbeitvollen Tagewerks, geschätzt und hochgeachtet von einer Welt, aus den Handels=Geschäften zurück und bezog sein Haus zu Heathfield, nahe bei Birmingham. Hier vollbrachte der Patriarch der brittischen Industrie, immer wohlwollend, bescheiden und zurückhaltend, wie in den Zeiten seiner Jugend, als er die Apparate der Universität zu Glasgow putzte, friedliche Tage in Gesellschaft einer kleinen Anzahl von Freunden. Im Jahre 1817 machte Watt eine Reise nach Schottland. Nach seiner Zurückkunft war seine Gesundheit sehr geschwächt. Er starb den 25. August 1819 nach einem kurzen Krankenlager im Alter von 84 Jahren. Auf einem der Plätze Birmingham's soll ihm auf öffentliche Kosten eine Denksäule errichtet werden. Jedermann, der zu den Angeseheneren in England gerechnet werden kann, beeilte sich, in die Zahl der Subscribenten eingeschrieben zu werden.

während der aufsteigenden Bewegung der aus dem Kessel in diesen Raum dringende Dampf nichts von der ausdehnsamen Kraft verliere, welche er auf Kosten vieler Steinkohlen erlangt hat.

Die erste Bedingung erheischt gebieterisch, daß in dem Augenblicke des Niederschlages das eingespritzte Wasser die Wände der Pumpe abkühle. Ohnedem behielte der Dampf, welchen man vernichten will, immer noch eine beträchtliche Elasticität und würde der herabsteigenden Bewegung des Embolus, welche durch den atmosphärischen Druck bestimmt wird, ein großes Hinderniß entgegensetzen. Die zweite Bedingung im Gegentheil führt die Nothwendigkeit mit sich, daß diese Wände sehr heiß seyen. In der That behalten die Wasser-Dämpfe zu einer Temperatur von 100°, wenn sie in ein anderes Gefäß übergehen, nur in so lange die ganze, ihnen inwohnende, ausdehnsame Kraft, als die Wände dieses Gefäßes selbst eine Temperatur von 100° haben. Ist die Temperatur der Wände geringer, so verliert der gegen dieselben andringende Dampf alsbald einen Theil seiner Hitze und mit derselben auch eine beträchtliche Verminderung der Intensität oder elastischen Kraft, welche er besessen hat. Mithin sollen während des Herabsteigens des Embolus die Wände des metallenen Cylinders, welchen er passirt, so kalt als immer möglich seyn, vorausgesetzt, daß in diesem Cylinder selbst das Niederschlagen der Dämpfe vor sich geht; während der aufsteigenden Bewegung im Gegentheile wäre es sehr vortheilhaft, wenn sie auf 100° erhitzt wären.

Das Abkühlen wird ziemlich einfach dadurch bewirkt, daß das eingespritzte Wasser nicht nur mitten unter die Dämpfe, sondern auch gegen die Wände des Cylinders geschüttet wird. Was aber die Erhitzung, die darauf folgen soll, betrifft, wie wäre dieselbe in der Art zu bewirken, daß sie im hohen Grad und schnell eintrete? Der zuströmende Dampf selbst wird allerdings nach und nach die geforderte Erhitzung bewirken, aber nur nach und nach, und es wird daher die Maschine, weil das Aufsteigen des Embolus sehr langsam vor sich gehen wird, innerhalb 24 Stunden nicht die ganze Arbeit liefern, auf welche man ohne diesen Aufenthalt hätte rechnen können. Berücksichtigen wir überdieß,

daß der aus dem Kessel kommende Dampf die Wände der Pumpe nur entweder auf Kosten seiner eigenen Hitze und, was nothwendig damit verbunden ist, durch theilweise Condensirung erwärmen kann, so wird der Dampf theuer zu stehen kommen, selbst wenn das Wasser, woraus er erzeugt wird, nichts kostet, denn der Brennstoff, vermittelst dessen die Umwandlung bewerkstelligt wird, ist aller Orten ziemlich theuer. Damit man keinen Zweifel hege, wie sehr man diese wichtige ökonomische Rücksicht in Betrachtung ziehen müsse, bemerke ich, daß die Quantität Dampfes, welche auf diese Weise zur Erhitzung der Pumpen selbst verwendet wird, hinreichend wäre, deren innern Raum mehrmals anzufüllen, daß also der verwendete Dampf, oder worauf es eigentlich hinausläuft, der verwendete Brennstoff, oder, wenn man lieber will, das nothwendigerweise verwendete Geld, um die Maschine immer in Gang zu setzen, um einige hundert Procent verringert würde, wenn man es dahin brächte, daß das eben besprochene wechselweise Erhitzen und Abkühlen vermieden werden könnte. Aber das ist genau das Problem, welches Watt gelöst hat, indem er eine Methode erdachte, welche ihm gestattete, den Pumpenstock immer bei seiner Temperatur von 100° zu belassen. Es genügte ihm hiezu:

Die Verdichtung des Dampfes in einem besondern Gefäße zu bewerkstelligen, welches von der Pumpe völlig getrennt war, und nur mittelst einer engen Röhre damit in Verbindung gesetzt werden konnte.

Wir wollen diesen scharfsinnigen Vorgang deutlich machen, welcher stets den hauptsächlichsten Anspruch Watt's an die Anerkennung der Nachwelt begründen wird.

Wenn einige Verbindung zwischen einem mit Dampf erfüllten Pumpenraume und einem dampf- und luftleeren Gefässe hergestellt ist, so wird der Dampf des Pumpenraumes zum Theil sehr schnell in dieses Gefäß überströmen; das Ueberströmen wird erst dann nachlassen, wenn beide Räume mit Dämpfen derselben Spannkraft erfüllt sind. Nehmen wir vorerst an, dieses besondere Gefäß werde durch und durch in seinem innern Raume sowohl, als in seiner Umhüllung, mittelst reichlicher

und fortgesetzter Einspritzungen mit kaltem Wasser fortwährend kalt erhalten, so wird der Dampf, sowie er in selbes gelangt, sich condensiren (in Wasser verwandeln). Dieses Gefäß bleibt also stets leer von elastischen Flüssigkeiten, und das Ueberströmen des Dampfes aus der Pumpe in dasselbe wird nur dann aufhören, wenn er ganz und gar in dieses Gefäß übergegangen und daselbst vernichtet worden ist. Der Pumpenraum wird sich also aller seiner Dämpfe entledigt haben, ohne daß seine Wände im mindesten abgekühlt worden sind, und der neuerliche Dampf, welcher im nächsten Augenblick in denselben eingelassen werden muß, wird in demselben nichts an seiner Elasticität verlieren.

Ein also von dem Pumpenstocke getrenntes Gefäß, in welches der Dampf aus demselben von Zeit zu Zeit überströmt, wird ein Condensator genannt.

Das Gefäß oder der Condensator, welchen wir in's Spiel gezogen haben, hat nur darum den im Pumpenraume enthaltenen Dampf ganz und gar in sich aufgenommen, weil er nur kaltes Wasser enthielt und im Uebrigen leer von allen elastischen Flüssigkeiten war *); aber sobald einmal ein Niederschlag des Dampfes in demselben vor sich gegangen ist, sind diese beiden Bedingungen, von welchen dieser Erfolg abhängt, verschwunden. Das zum Absorbiren der Dämpfe bestimmte Wasser hat mit den Dämpfen auch die in denselben enthaltene Wärme-Menge aufgenommen, und ist daher selbst beträchtlich erhitzt worden; aus diesem nunmehr erhitzten Wasser hat sich eine beträchtliche Menge Dämpfe entwickelt; überdieß enthielt das kalte Wasser gebundene atmosphärische Luft, welche bei dessen Erwärmung freigeworden ist. Würde nicht nach jeder solchen Operation dieses im Condensator enthaltene Wasser diese Dämpfe und diese atmosphärische Luft aus demselben wegschaffen, so würde er bald seine

*) Streng genommen kann ein Gefäß, in welchem sich Wasser befindet, niemals ganz leer von aller elastischen Flüssigkeit genannt werden; denn selbst das kälteste Wasser entwickelt Dünste; allein sobald das eingespritzte Wasser nur keine höhere, als die gewöhnliche Temperatur der Atmosphäre, besitzt, so kann man in der Anwendung von den davon ausgehenden Dünsten abstrahiren.

Wirksamkeit verlieren. Watt hat diese dreifache Entleerung mit Hülfe einer gewöhnlichen Luftpumpe bewirkt, deren Kolben er mittelst eines Balkens mit dem Pumpenschwengel der Dampfmaschine auf eine schickliche Weise in Verbindung gesetzt hat. Berechnet man also die Wirkungen einer Dampf-Maschine Watt's, so muß man auch jene Kraft in Anschlag, d. i. in Abzug, bringen, welche erfordert wird, um die Luftpumpe in Bewegung zu erhalten. Dieser Abzug ist übrigens nur ein sehr kleiner Theil desjenigen Verlustes, welcher bei der alten Methode, den Dampf durch Erkältung der Pumpenwände zu condensiren, Statt hatte. *)

*) Man wird sich einen richtigen Begriff von dem Einflusse der Erfindung des Condensators auf die Industrie machen können, wenn man einen Blick auf die nachfolgende kurze Notiz werfen will:

Watt und Boulton verlangten von Jenen, welche sich ihrer privilegirten Maschinen anstatt jener Newcomen's bedienen wollten, den Werth eines Drittels der durch Anwendung einer jeden ihrer neuen Maschinen ersparten Steinkohlen, vorausgesetzt, daß sie ganz dieselben Dienste leistete, wie die alte. Ein von unparteiischen und einsichtsvollen Männern mit zwei Maschinen von völlig gleichen Dimensionen nach der einen und der andern Art angestellter Versuch entschied, wie hoch sich zum Beispiel die Ersparniß bei tausend Gängen des Stempels belaufe. Die den Erfindern zustehenden Rechte konnten dann mit Hülfe einer einfachen Proportion ausgemittelt werden, sobald die Zahl der Oscillationen, welche die angewendete Maschine während eines Monates gemacht hatte, bekannt war. Watt und Boulton ließen diese Anzahl der Oscillationen durch ein, mit dem Pumpenschwengel in Verbindung gesetztes Uhrwerk abzählen, welches so eingerichtet war, daß jede Bewegung desselben den Zeiger um einen Theilstrich vorrücken machte. Dieser Mechanismus oder counter war in einem Behältnisse mit doppelter Sperre eingeschlossen, welches man zu dem Zeitpunkte des Rechnungs-Abschlusses in Gegenwart eines Bevollmächtigten der Erfinder und des Directors des Bergwerks eröffnete. In jenem von Chacewater in Cornwallis, wo drei Maschinen in Gang waren, erkauften die Eigenthümer die Berechtigung von den Erfindern um einen jährlichen Abfindungs-Betrag von 60,000 Franken, woraus hervorgeht, daß die anstatt der früher im Pumpenraum selbst vorgenommenen, nunmehr in einem abgesonderten Behältnisse bewerkstelligte Einspritzung, bei diesen Maschinen eine Ersparniß an Brennstoff von mehr als 180,000 Franken jährlich herbeigeführt habe.

Maschinen mit doppelter Wirkung.

Die Maschine mit atmosphärischem Drucke, mag die Einspritzung mit kaltem Wasser in dem Pumpenraume selbst, oder in einem getrennten Condensator vor sich gehen, besitzt nur während der herabsteigenden Bewegung des Embolus eine reelle Kraft, denn hiebei, aber auch nur hiebei, äußert sich die Einwirkung des atmosphärischen Druckes, auf welchem ihre ganze Wirksamkeit beruht. Während der aufsteigenden Bewegung wird dieser Druck durch den Gegendruck des Dampfes, der den Stempel von unten hinauf treibt, aufgehoben, und die Bewegung beruht dann lediglich auf einem Ueberschusse dieses Gegendruckes, welcher gerade hinreicht, das eigene Gewicht des Dampf-Kolbens und den Widerstand, der durch die Reibung an den Wänden der Pumpe erzeugt wird, zu überwinden; das ist an und für sich gar kein Uebelstand, wenn die Dampf-Maschine dazu angewendet wird, das Wasser aus überschwemmten Minen auszuschöpfen. Die herabsteigende Bewegung des Embolus bewirkt in der That eine Bewegung in derselben Richtung desjenigen Endes des Balancier's (Pumpen-Schwengels), an welchem die Stange des Embolus festgemacht ist, und folglich eine aufsteigende Bewegung an dessen anderem Ende. Aber es ist während dieser letzten Bewegung, daß das senkrecht unter diesem Ende des Balancier's befindliche Wasser mittelst eines damit in Verbindung gesetzten gewöhnlichen Schöpfbrunnens um so viel gehoben wird, als der Spielraum des Embolus in der Hauptpumpe beträgt. Wenn dagegen der Stempel der Schöpfpumpe hinabsteigt, um sich von Neuem mit Flüssigkeit zu beladen, so ist es vollkommen unnütz, daß er mit Kraft hinabgestoßen werde. Die hiezu verwendete Kraft wäre rein verschwendet. Wer hat nicht bemerkt, und das ist ein vollkommen analoger Fall, daß, wo man immer aus einem Brunnen Wasser schöpft, der Eimer jederzeit durch sein eigenes Gewicht hinabgelassen wird, und daß man nirgend auf den Einfall gekommen ist, diese hinabsteigende Bewegung mittelst einer besondern Kraft zu bewirken? Mithin ist die Maschine mit atmosphärischem Drucke als Ausschöpf-Maschine

völlig zweckmäßig. Ihre intermittirende Kraft-Aeußerung ist hiebei als kein Fehler anzusehen. Nicht also verhält es sich in dem Falle, wenn diese Maschine als bewegende Kraft angewendet wird. Die Vorrichtungen, die Instrumente, welche sie in Gang bringt, haben eine sehr rasche Bewegung während der herabsteigenden Bewegung des Embolus; aber sie stehen still oder setzen ihre Thätigkeit nur in Folge der früher erlangten Geschwindigkeit fort, während derselbe hinaufsteigt. Eine Dampf-Maschine, welche während der beiden entgegengesetzten Bewegungen des Embolus mit gleicher Kraft fortarbeitete, würde in dieser Rücksicht wesentliche Vortheile gewähren. Dieß ist die Aufgabe der von Watt erfundenen Vorrichtung, welche die Maschine mit doppelter Wirkung oder doppelt wirkende Maschine genannt wird.

Bei dieser Maschine hat die Atmosphäre keine Wirksamkeit mehr. Der Pumpenstock ist oben mit einem metallenen, in der Mitte durchbohrten Deckel geschlossen, dessen mit in Fett getauchtem, zusammengepreßtem Werg belegte Oeffnung dazu bestimmt ist, den cylindrischen Schaft des Dampf-Kolbens durch dieselbe ungehindert auf- und absteigen zu lassen, ohne jedoch der Luft oder dem Dampfe einen Ausweg zu gestatten. Der Stempel scheidet auf diese Weise den Pumpenstock in zwei geschlossene und abgesonderte Räume. Soll er herabsteigen, so gelangt der Dampf aus dem Dampf-Kessel ungehindert in den oberen Raum durch eine zu diesem Ende zweckmäßig angebrachte Röhre, und treibt den Embolus von oben herab, wie es bei der durch die Atmosphäre vermittelten Maschine der Luftdruck bewirkt hat. Diese Bewegung findet kein Hinderniß, vorausgesetzt, daß, während sie vor sich geht, der untere Pumpenraum, aber nur dieser allein mit dem Condensator in Verbindung gesetzt sey. Sobald der Embolus völlig herabgestiegen ist, wird der ganze Vorgang durch die einfache Wirkung zweier Hähne völlig umgekehrt. Dann kann der in dem Kessel erzeugte Dampf nur unter den Embolus dringen, welchen er hinauf treiben soll, und der Dampf oberhalb, welcher den Augenblick vorher die herabsteigende Bewegung bewirkt hat, wird sich im Condensator in Wasser verwandeln, da er nunmehr mit demselben in Communication gebracht wird. Die

entgegensetzte Umdrehung eben dieser Hähne versetzt alle Theile der Maschine in den ursprünglichen Stand, sobald der Embolus an der oberen Gränze seiner Bestimmung angelangt ist. Die Maschine geht auf diese Weise ununterbrochen mit einer beiläufig gleichen Kraft fort, der Dampf-Kolben mag auf- oder absteigen; aber dagegen muß auch bemerkt werden, daß der Aufwand von Dämpfen geradezu das Doppelte desjenigen beträgt, welchen eine Maschine mit atmosphärischem Drucke oder einfacher Wirkung erfordert hätte. *)

Maschinen mit Detension des Dampfs.

In der Maschine mit doppelter Wirkung, welche wir eben besprochen haben, wird der Embolus wechselweise durch den Dampf von oben herab und von unten hinauf getrieben. Wird die Verbindung der Pumpe mit dem Dampf-Kessel während der ganzen Zeit belassen, welche jede dieser Bewegungen erfordert, so wird der Stempel der Einwirkung einer immerfort zunehmenden Kraft ausgesetzt; er wird also eine beschleunigte Bewegung

*) Papin hatte, wie ich bereits bemerkt habe, gar wohl vorausgesehen, daß die Dampf-Maschinen nicht immer ausschließend zum Ausschöpfen der Bergwerke verwendet werden würden. Schon zu diesem Zeitpunkte hat er angezeigt, wie man die Kolbenstange mit der Axe eines Drehrades in Verbindung setzen und die geradlinige Bewegung des Kommens und Gehens dieses Schaftes in eine drehende Bewegung des Rades umwandeln könne. Der Mangel einer gleichmäßig fortgesetzten Kraft-Aeußerung bei der Luftdruck-Maschine zog alsbald seine Aufmerksamkeit an sich, und um zu verhindern, daß sein Rad nicht stoßweise zu rasch gehe, schlug er vor, auf die Axe dieses Rads vermittelst der Stangen von zwei oder selbst mehreren Dampf-Kolben zu wirken welche verschiedenen Pumpen angehören sollten und selbe so anzubringen, daß, falls zum Beispiel nur zwei angewendet würden, die eine Kolbenstange hinabstiege, während jene des andern im Steigen begriffen wäre, und umgekehrt. Zwei auf diese Weise in Verbindung gesetzte Pumpen mit athmosphärischem Drucke würden genau diese Wirkung der eben beschriebenen Maschine Watt's hervorbringen. Der Aufwand an Dampf wäre ebenfalls genau derselbe. Der Gedanke, eine Maschine mit doppelter Wirkung mit Hülfe zweier besonderer Pumpen herzustellen, ward in England im Jahre 1779 als neu von Doktor Falck vorgebracht.

annehmen. Er wird an dem einen wie an dem andern Endpunkte der Pumpe mit einer sehr großen Geschwindigkeit anlangen, welche, ohne irgend einen Vortheil zu gewähren, den ganzen Apparat fortwährend erschüttern wird. Wenn im Gegentheile jene Hähne, welche eine Verbindung zwischen dem Dampf-Kessel und der Pumpe herstellen, nicht während der ganzen Dauer des Auf- oder Absteigens des Embolus offen gelassen werden; wenn sie sich z. B. dann schließen, wenn der Embolus zwei Drittheile seines Weges zurückgelegt hat, wird das noch übrige Drittheil vermöge der bereits erlangten Geschwindigkeit und vorzüglich durch die Wirksamkeit des bis dahin bereits eingelassenen Dampfes zurückgelegt werden. Diese Wirksamkeit wird fort und fort immer schwächer werden, während dieser übrige Theil des Weges zurückgelegt wird, wenn man bedenkt, daß der Dampf sich mehr und mehr ausbreiten wird, und daß in dem Maaße, als er größere Räume einnimmt, seine Elasticität, wie jene einer jeden ausdehnsamen Flüssigkeit, sich vermindern wird. Dann wird keine schädliche Beschleunigung gegen die zwei Grenzpunkte der Bewegung des Embolus mehr stattfinden, und was noch bei weitem wichtiger ist, es wird eine geringere Menge Dampfes verwendet werden, um die verlangten Bewegungen hervorzubringen. Wem wird es in der That nicht einleuchtend vorkommen, daß, wenn der Hahn während der ganzen Dauer des Kolbenspieles offen gelassen würde, der Condensator jedesmal eine Masse Dampfs vernichten würde, welche dem Umfange des ganzen Pumpenraumes entspricht, während in dem Falle, als der Hahn sich schließt, sobald der Embolus zwei Drittheile seines Laufes zurückgelegt hat, jedesmal um ein Drittheil weniger Dampf vernichtet wird. Die Mechaniker haben Experimente angeführt, nach welchen es scheint, daß durch die Anwendung der Detention der Dämpfe bei gleicher Wirkung eine beträchtliche Menge an Brennstoff erspart werden könne, und sie reihen den Vorschlag, welchen Watt dießfalls in seinem ersten Patente eingeschaltet hat, unter die lichtvollsten Gedanken, welche ihm die Industrie zu danken hat. Es scheint jedoch, daß bei den meisten aus den Werkstätten Soho's hervorgegangenen Maschinen dieses Zurückhalten des Dampfes nicht

in größerem Maaßstab angewendet worden sey; man hat sich dessen nur bedient, um den Gang des Embolus ungefähr gleichförmig zu erhalten.

Einhüllung oder Hemd des Pumpenstocks.

Der isolirte Condensator, diese schönste Erfindung Watt's, bezweckt, wie wir oben gesehen haben, daß die Wände der Pumpe mit den Dämpfen einerlei Temperatur haben, damit sich dieselben, wenn sie aus dem Kessel in die Pumpe gelangen, nicht zum Theil daran niederschlagen. Aber diese Pumpe ist in allen Theilen ihrer Oberfläche in Berührung mit der atmosphärischen Luft. Es wird daher an den äußern Wänden und in Folge dessen auch in der ganzen Masse des Cylinders eine beständige Abkühlung Statt haben, welche der zum Treiben der Maschine bestimmte Dampf auf Kosten seiner Spannkraft immer wieder ersetzen muß. Watt hat zur Verringerung dieses Uebelstandes vorgeschlagen, den Pumpenstock mit einem zweiten Cylinder zu umgeben. Eine solche Einhüllung, wenn sie oben und unten geschlossen ist, wird jede abkühlende Zugluft abhalten, und damit wird schon viel gewonnen seyn. Man wird aber überdieß in den ringförmigen Raum zwischen beiden Cylindern auch Dämpfe einlassen, und dann wird die Temperatur des eigentlichen Pumpen-Cylinders von jener der aus dem Kessel kommenden Dämpfe so wenig verschieden seyn, daß man sie in der Anwendung als völlig gleich annehmen kann.

Maschinen mit hohem Drucke.

Die Maschinen, welche wir bisher besprochen haben, erfordern nicht, daß die Dämpfe, durch welche sie getrieben werden, eine dem Drucke der Atmosphäre überlegene Spannkraft besitzen. Um sich des Dampfes zu entledigen, nachdem er seine Dienste gethan hat, genügt der Condensator; aber diese Operation erfordert die Anwendung einer großen Menge kalten Wassers, und an vielen Orten ist dieß ein großer Uebelstand. Handelt es sich aber um ortsverändernde Maschinen, welche geeignet seyn sollen, Fuhrwerke auf Eisenbahnen zu treiben, so kann von einer Construction dieser Art gar nicht mehr die Rede seyn.

Sie müßten in der That nicht nur die zur Heitzung des Kessels erforderlichen Steinkohlen, nicht nur den zum Ersatze des durch Verdampfung in dem Kessel immerfort ausgehenden Wassers erforderlichen Wasser-Vorrath, sondern überdieß eine ungeheure Quantität Kühl-Wassers mit sich führen, welches zur Bewerkstelligung der Condensation bestimmt wäre. Eine solche Maschine würde keine große Wirkung hervorbringen: sie vermöchte sich kaum selbst fortzuschleppen. Das Bedürfniß, die Bedingung, der Condensation der Dämpfe los zu werden, hat zur Erfindung der Maschine mit hohem Drucke oder Hochdruck geführt.

Bei diesen Maschinen kann der Dampf, sobald er z. B. den Embolus von unten hinaufgetrieben hat, durch die Oeffnung eines Hahnes in die freie Luft entweichen; aber nachdem dieses Entweichen durch den Unterschied der Tension bedingt ist, welcher dieses Entweichen bewirkt, so wird dieses Ausströmen aufhören, sobald die Pressung des zurückbleibenden Dampfes, (abgesehen von dem abwärts treibenden eigenen Gewichte des in unserem Beispiele als in die Höhe gehoben vorausgesetzten Embolus,) den Druck der äußeren Atmosphäre nicht mehr übertrifft. Mithin wird der Pumpenraum hiedurch nicht völlig aller Dämpfe entledigt, wie durch die Einspritzung im Condensator. Der Dampf, welcher nach vollendeter aufsteigender Bewegung des Stempels und in der eben besprochenen Art vor sich gegangener Entweichung der untern Dämpfe den Embolus von oben herab treiben soll, wird vorerst einen dem Drucke der Atmosphäre gleichkommenden Widerstand zu überwinden haben, bevor er irgend eine eigentliche positive Wirkung hervorbringen kann. Dieselbe Bemerkung gilt bei der nächstfolgenden aufsteigenden Bewegung, denn in dem oberen Theile des Pumpenraumes wird ebenso eine gleiche Menge Dampfes zurückgeblieben seyn, wenn diese aufsteigende Bewegung vor sich gehen soll und so immer fort. P a p i n war der Erste, welcher Maschinen zusammensetzte, bei welchen der Dampf mit hohem Drucke in die atmosphärische Luft entwich, nachdem er seine Wirkung gethan hatte. Diese Maschine war ausschließend zum Heben des Wassers bestimmt. L e a p o l d, welcher sie bekannt machte,

hat eine derselben Art im Jahr 1724 in seinem Theatrum machin. hydraul. beschrieben. Diese war mit Embolus und Balancier, aber mit einfacher Wirkung. Endlich im Jahre 1802 erhielten die Hrn. Trevithick und Vivian ein Patent auf eine Maschine mit hohem Drucke und doppelter Wirkung, welche, sey es von ihnen oder von andern Maschinisten, auf die Bewegung der Wägen auf Eisenbahnen angewendet worden ist.

In seinem ersten Patente von 1769 hatte sich Watt bereits das Recht vorbehalten, „für den Fall, daß Kühlwasser schwer zu bekommen wäre, die Maschinen vermittelst des Dampfes ganz allein zu treiben, welcher in die Luft entweichen könnte, sobald er seine Wirkung gethan hat;“ aber es scheint nicht, daß in seinen Werkstätten eine einzige Maschine nach diesem Princip erbaut worden sey.

Unter den Maschinen mit Hochdruck und Condensirung haben, als stationäre Maschinen, diejenigen den meisten Ruf erlangt, welche Hr. Arthur Woolf im Jahr 1804 vorgeschlagen hat. In den Maschinen dieses Mechanikers gelangt der Dampf mit hoher Tension, so wie er vom Dampf-Kessel kommt, zunächst in einen ersten Pumpenstiefel bald über, bald unter den Embolus, wie bei einer doppelt wirkenden Maschine. Aber dieser Dampf wird nicht sogleich condensirt, sobald er den Embolus bis an den einen oder den andern Endpunkt seiner Bewegung gebracht hat; Hr. Woolf benützt denselben noch weiters auf folgende Weise, bevor er ihn vernichtet.

Zur Seite des ersten Pumpenstiefels befindet sich ein zweiter von derselben Höhe, aber von größerem Durchmesser. Der obere Theil des ersten steht durch eine Röhre mit dem untern Theile des zweiten in Verbindung, und umgekehrt. Sobald der Dampf den Embolus des ersten Cylinders bis an das untere Ende seiner Bewegung gedrückt hat, verbreiten sich in demselben Augenblicke, als dieser Embolus durch die Wirkung der von Neuem aus dem Dampf-Kessel zugeführten Dämpfe, welche ihn von unten hinauftreiben, zu steigen beginnt, sämmtliche Dämpfe, welche diesen Cylinder oberhalb des Embolus erfüllen, und welche zuerst dessen Herabsteigen bewirkt haben, in den zweiten Cylinder, unterhalb des Embolus dieses Stiefels, und treiben ihn ebenfalls von

unten hinauf. Mithin gehen beide Dampf-Kolben in derselben Richtung. Sobald diese Bewegung vollbracht ist, wird der nunmehr in dem ganzen Raume des großen Cylinders verbreitete Dampf in einem besonderen Condensator verdichtet. Die frisch aus dem Kessel kommenden Dämpfe gelangen nunmehr oberhalb in den ersten Cylinder und drücken den Embolus von oben herab. Der im Beginn dieser neuen Bewegung den untern Raum dieses Cylinders erfüllende Dampf gelangt durch Ausdehnung in den zweiten Cylinder oberhalb des Embolus und nöthigt denselben herabzusteigen, dergestalt, daß die beiden Dampf-Kolben auch dießmal in derselben Richtung gehen. Hat jeder Embolus einen senkrechten Schaft, welche beide an den Balancier an zwei auf derselben Seite seines Unterstützungs-Punktes gelegenen Punkten befestigt sind, so werden die hiedurch bewirkten Schwingungen des Balanciers in Folge des vereinten Antriebes zweier Dampf-Kolben vor sich gehen, und derselbe Dampf wird sich zweifach wirksam erwiesen haben, bevor er verdichtet wird.

Diese Maschine Woolf's ist eine wahre Maschine mit Detention des Dampfes, derjenigen ziemlich ähnlich, welche Hr. Hornblower in seinem Patente von 1781 beschrieben hat. Man sieht übrigens an und für sich nicht ein, warum die Detention des Dampfes keine so günstige Wirkung hervorbringt, wenn es auf die von Watt vorgeschlagene Weise in einem einzigen Pumpenstocke angewendet wird, als nach dem Systeme Woolf's. Die in den monatlichen Rapporten über die Bergwerke zu Cornwallis bekannt gemachten Erfahrungen scheinen, wie man zugeben muß, sehr für dieses letztere System zu sprechen; allein man wird ihnen erst dann allgemein beipflichten können, wenn man derlei vergleichende Versuche unter übrigens völlig gleichen Bedingungen, jedoch nach diesen zwei verschiedenen Systemen der Detention angestellt haben wird. Denn gegenwärtig sollen, wenn ich anders recht berichtet bin, z. B. die Dampf-Kessel der beiden in den Bergwerken angewendeten Maschinen-Gattungen völlig unähnlich seyn.

Dampf-Boote.

Die Anwendung der Dampf-Maschinen auf die Schiffahrt

ist unter allen Entdeckungen der neueren Mechaniker diejenige, welche in gewissen Länderstrecken, in Amerika zum Beispiel, die allererfolgreichsten Resultate zu geben scheint. Die Frage über die Priorität in diesem Punkte ist zum Gegenstand einer sehr lebhaften Controverse geworden; aber gleich bei Anbeginn des Streites wurde Frankreich ganz aus dem Spiel gelassen: der Streit schien nur zwischen den Engländern und Nordamerikanern obwalten zu können. Die Letztern schrieben diese Anwendung der Dampf-Maschinen Fulton zu, die Engländer zeigten dagegen viel frühere Schriften von Jonathan Hull und Patrik Miller auf. Dieß ist Fulton gegenüber ein Argument ohne Widerrede; aber giebt es nicht noch weit ältere Werke, als jenes von Jonathan Hull, in welchen die Ideen dieses Mechanikers bereits niedergelegt wären? Der Leser wird selbst beurtheilen, ob meine über diesen Punkt angestellten Forschungen fruchtlos gewesen sind.

Das Werk von Jonathan Hull ist vom Jahre 1737. Hier folgt die Uebersetzung des Titels: „Beschreibung und Abbildung einer neuerfundenen Maschine, um die kleinern Fahrzeuge, wie auch große Schiffe, in Häfen, auf Rheden und Flüssen zu führen oder gegen Wind und Fluth oder bei Windstille auslaufen zu machen; aus welchem Anlasse Seine Majestät, König Georg II., dem Erfinder ein Patent auf die Dauer von 14 Jahren bewilligt hat, durch Jonathan Hull.“ Dieses Werk enthält 1) die Abbildung und Beschreibung zweier, an dem Hintertheile des Fahrzeuges angebrachter Schaufelräder, welche der Erfinder statt der Ruder angewendet wissen wollte; 2) den Vorschlag, die Axe dieser Räder mit Hülfe der Maschine Newcomen's, welche damals bereits sehr bekannt war, aber nach den eigenen Ausdrücken Hull's nur zum Heben des Wassers durch das Feuer angewendet wurde, in Drehung zu versetzen. (With wich, he [Newcomen] raises water by fire.)

Das Werk von Patrik Miller erschien zu Edimburg im Jahre 1787. Man findet darin auch die Beschreibung von Schaufelrädern, als eines Mittels, die Boote in den Kanälen fortzutreiben, sowie die Anzeige der Versuche, welche der Autor angestellt hatte, um diese Räder zweckmäßig in Umschwung zu bringen, worauf er hinzufügt: „Ich habe einige Ursache, zu

4*

glauben, daß die Kraft der Dampf-Maschine auf solche Weise zum Umdrehen der Räder angewendet werden könne, daß sie rascher gehen und dadurch die Geschwindigkeit des Bootes vermehren."

Dieß sind die triftigsten und ältesten Belege, welche die englischen Schriftsteller im Streite mit ihren nordamerikanischen Gegnern vorgebracht haben. *) Ich will nunmehr auch meinen Beitrag liefern. Das Werk Papin's, welches ich so oft erwähnt habe, nämlich der Recueil von 1695, enthält wörtlich folgende Stellen auf Seite 57, 58, 59 und 60:

„Es wäre zu weitläufig, hier aufzuführen, auf welche Weise diese Erfindung (jene der Dampf-Maschinen mit atmosphärischem Drucke) angewendet werden könnte, um Wasser aus den Minen zu schöpfen, Bomben zu werfen, gegen den Wind zu rudern ..... Ich kann jedoch nicht unterlassen, zu bemerken, wie sehr diese Kraft jener der Galeeren vorzuziehen sey, um schnell im Meere zu fahren." Hierauf verbreitet er sich über die Nachtheile der Verwendung belebter Wesen als bewegende Kräfte, „welche" sagt der Verfasser, „einen großen Raum einnehmen und viel verzehren, auch dann, wenn sie nicht arbeiten." Er bemerkt, daß seine Röhren (seine Pumpen) weniger im Wege seyn würden; „allein, da man" sagt er, „schicklicher Weise keine gewöhnlichen Ruder damit in Thätigkeit setzen könnte, so müßte man drehende Ruder anwenden." Papin berichtet, daß er ähnliche Ruder, an eine Axe befestigt, auf einer Barke des Prinzen Robert gesehen habe, welche durch Pferde gedreht wurden. Er für seinen Theil erklärt: „daß er, um das Auf- und Niedergehen seines Dampf-Kolbens in eine drehende Bewegung zu verwandeln, es auf folgende Weise anstellen würde: Es müßten die Kolbenstangen gezähnt seyn, um kleine gezähnte Räder in Drehung zu versetzen, welche an den Axen der Ruder angebracht wären." Aber weil ein einziger Kolben während seines Herabsteigens keine Wirkung hervorbringen würde, so hatte er den Gedanken, um die drehende Bewegung continuirlich zu machen, mehrere Pumpen anzubringen,

*) Siehe die Quarterly Review für 1818, XIX. Theil, Seite 353 und 355.

deren Kolben in entgegengesetzter Richtung gehen müßten, dergestalt, daß der eine zum Herabsteigen käme, während der andere das untere Ende seiner Bahn erreicht hätte rc. „Aber man wird mir vielleicht einwenden,“ fährt Papin fort, „daß die Zähne der Kolben-Stiele (Zahneisen), indem sie in die Zähne der Räder eingreifen, bey'm Auf- und Absteigen die Drehungs-Axe in entgegengesetzte Bewegungen versetzen, und daß also die aufsteigenden Kolben die Bewegung derjenigen, welche herabsteigen, hemmen müßten, oder daß jene, welche herabsteigen würden, die Bewegung der aufsteigenden verhindern werden. Aber diese Einwendung ist leicht zu beseitigen, denn es ist eine ganz gewöhnliche Aufgabe für einen Uhrmacher, gezähnte Räder an einer Spindel oder Axe auf solche Weise anzubringen, daß, während sie nach einer Richtung angetrieben werden, sie nothwendiger Weise auch die Axe in Drehung versetzen, dagegen in der entgegengesetzten Richtung sich ganz frei bewegen können, ohne der Axe einige Bewegung mitzutheilen, welche also währenddem eine ganz entgegengesetzte Bewegung von jener der besagten Räder haben kann. Die größte Schwierigkeit besteht also nur darin, eine Werkstätte zu errichten, welche ohne Schwierigkeit leichte, dicke und an allen Punkten gleich weite Röhren liefern wird“ rc.

Papin hat also den Vorschlag, die Fahrzeuge mit Hülfe der Dampf-Maschinen zu treiben, 42 Jahre vor Jonathan Hull, welcher in England als Erfinder betrachtet wird, in einem gedruckten Werke bekannt gemacht.

Die Vorrichtung, welche Papin andeutet, um die geradlinige Bewegung des Embolus in eine ununterbrochen drehende Bewegung umzuwandeln, darf, glaube ich, vor jener des englischen Mechanikers nicht zurücktreten, denn in dieser letzteren wurden die an der Haupt-Axe befindlichen Räder mit den Schaufel-Rädern nur durch Stricke in Verbindung gesetzt.

Die zwei wechselweise eingreifenden Pumpen, deren sich Papin zur Regulirung des Ganges seiner Räder bedienen wollte, sind nicht so sehr zu verachten, als man vielleicht glaubt; sie wurden z. B. neuerlich durch Hrn. Maudsley (vielleicht der geschickteste Maschinen-Baumeister, welchen England besitzt,) an-

gewendet, um auf mehreren großen Böten das Schwungrad zu ersetzen, welches in einem gedrängten Raume nur mit großen Schwierigkeiten angebracht werden kann.

Der Gedanke, Schaufelräder anstatt gewöhnlicher Ruder anzuwenden, gehört weder Papin noch Hull an; denn, ohne die von Ersterem angeführte Schaluppe des Prinzen Robert zu erwähnen, werden wir bei sehr alten Schriftstellern unwidersprechliche Beweise der Anwendung dieser Räder auffinden können. Die ersten genauen Versuche, welche ein Urtheil über die gegenseitigen Vortheile dieser beiden Methoden, Schiffe anzutreiben, möglich machen, datiren sich jedoch vom Jahre 1699, und es ist Hr. v. Quet, dem man sie verdankt. *) (Siehe Mach. appr. par l'Académie, 1. Thl.)

*) Hr. Robert Stuart ist der Meinung (siehe seine Geschichte S. 83 der dritten Ausgabe): „daß Jonathan Hull ehrenvolle Erwähnung verdiene wegen der Hinweisung auf Schaufel-Räder, welche durch eine Dampf-Maschine getrieben werden, um die Fahrzeuge ohne Wind und Segel zu treiben. Dieser Vorschlag erforderte die Umwandlung der geradlinigen und abwechselnden Bewegung der Kolbenstange in eine drehende Bewegung. Hull hat gezeigt, wie dieses Problem auf eine scharfsinnige Weise durch eine in's Knie gebogene Kurbel gelöst werden könne. Man sieht heut zu Tage mit Recht in dieser Erfindung den Ursprung der Einführung der Dampf-Maschinen in Fabriken als bewegende Kraft aller denkbaren Mechanismen." Also nach der Ansicht des Hrn. Stuart hätte Hull das doppelte Verdienst, die Dampfschiffe erfunden und gezeigt zu haben, daß die Dampf-Maschine die Stelle der mechanischen Triebkräfte vertreten könne, welche bisher in allen Gattungen von Manufakturen in Anwendung waren. Ich habe seinen Schluß-Folgerungen nur Einen Einwurf entgegenzusetzen, daß nämlich die im Werke Papin's enthaltene Anregung der Dampfboote und der Gedanke, ein Rad mittelst einer Dampf-Maschine in fortwährend drehende Bewegung zu versetzen, der Idee des englischen Mechanikers um 42 Jahre vorausgegangen ist.

Ein englischer Gelehrter, einer meiner Freunde, welchem ich die Resultate, welche in dieser Notiz dargelegt sind, mündlich mitgetheilt hatte, entgegnete mir, daß, falls ich selbe je herausgeben sollte, er alle meine Behauptungen durch Stellen, von französischen Schriftstellern entlehnt, anfechten würde. „Das wäre," sagte er lachend, „ein Krieg der Anführungs-Zeichen." Als ich

Als ich über Dampf-Maschinen überhaupt sprach, habe ich versucht, die Ansprüche der eigentlichen Erfinder von jenen der Techniker zu sondern, welchen die erste Ausführung angehört. Befolgen wir hier denselben Gang, so werden wir finden:

Daß Hr. Perier der erste ist, welcher ein Dampfboot und zwar im Jahre 1775 erbaut hat (ein im Jahre 1777 ge-

---

ihn bat, sich deutlicher herauszulassen, erfuhr ich, daß die Argumente, welche er mir entgegenzusetzen hätte, aus einem biographischen Artikel über Newcomen von einem der ausgezeichnetsten Physiker unserer Zeit, und aus einem Berichte über die Dampfboote entlehnt werden würden, welchen der berühmte Professor der Mechanik am Conservatorium redigirt hat und der von der Akademie der Wissenschaften gutgeheißen worden ist. In diesen beiden Artikeln sind, ich muß es anerkennen, die Ansichten der englischen Schriftsteller über die Erfinder der Dampf-Maschinen ohne Rückhalt adoptirt worden. Der Einwurf hat demnach einiges Gewicht, allein er dünkt mich nicht unauflöslich. Was die Notiz über Newcomen betrifft, so muß ich vor Allem bemerken, daß sie augenscheinlich aus der Geschichte Robison's abgedruckt ist, deren Partheilichkeit nachzuweisen ich schon mehrmals Gelegenheit hatte; daß ferner der geachtete Schriftsteller, welchem man sie verdankt, nirgends anführt, daß er bei dieser Gelegenheit besondere Nachforschungen angestellt und die Original-Quellen zu Rathe gezogen hat. Hätte er Salomon de Caus und Papin citirt, so würde ich ohne Zweifel daraus ein gerechtes Bedenken gegen die hohe Wichtigkeit entnehmen, welche ich auf die Forschungen der beiden französischen Mechaniker legen zu müssen glaubte; allein keiner dieser beiden Namen wird auch nur ein einziges Mal in dem biographischen Artikel erwähnt, obwohl man darin jene Worcester's und Savery's auf jeder Zeile antrifft. Ich glaube hieraus mit Sicherheit den Schluß zu ziehen, daß die Werke Papin's und Salomon's de Caus meinem gelehrten Collegen unbekannt waren; dann aber können seine Ansichten nichts gegen mich beweisen, denn ich hätte gleich dem griechischen Philosophen das Recht, von Philipp an den eines Bessern belehrten Philipp zu appelliren. Indem ich mich nunmehr über den zweiten Einwurf verbreiten will, werde ich vorerst die Autorität der Akademie der Wissenschaften ganz leicht von mir abwenden, indem ich bemerklich mache, daß es deren festgestellter Grundsatz ist, sich nur über die aus den erstatteten Berichten gezogenen Folgerungen auszusprechen. Die mehr oder minder weitläufigen Entwicklungen dieser Schlußfolge-

drucktes Werk Hrn. Ducrest's enthält die Auseinandersetzung der Experimente, welchen dieser Techniker beigewohnt hatte: das Datum derselben ist also glaubwürdig constatirt);

Daß Versuche in größerem Maaßstabe im Jahre 1778 zu Beaume-les-Dames durch den Marquis de Jouffroy angestellt wurden;

Daß Marquis de Jouffroy im Jahre 1781, vom Versuche zur Ausführung übergehend, in der That auf der

---

rungen sind kein Gegenstand ihrer Prüfung: er Bericht-Erstatter ist allein dafür verantwortlich. Allein der sehr umständliche Bericht über die Dampfboote, welcher in der Sitzung der Akademie vom 27. Januar 1823 vorgelesen ward, enthält am Schlusse keine einzige Conclusion, welche auf die Erfinder der Dampf-Maschinen Bezug hat. Die Akademie hat also nichts entschieden, was mir entgegengestellt werden könnte. Im Verlaufe dieses Berichtes finde ich allerdings erwähnt, daß die Engländer zuerst die Kraft des Dampfes zum Heben des Wassers angewendet haben, daß Worcester der Erfinder sey, daß Savery seine Ideen ausgeführt habe, daß Jonathan Hull der erste daran gedacht habe, mit Hülfe der Dampf-Maschinen Schiffe zu treiben; allein nachdem ich an dieser Stelle weder den Namen Salomon's de Caus noch den Papin's antreffe, welche, gleichviel ob mit günstigem Erfolge oder nicht, sich vor den englischen Mechanikern mit der Lösung eben dieser Aufgabe beschäftigt haben, so werde ich auch gegen diesen Bericht mit denselben Argumenten auftreten können, welche ich eben erst gegen den Artikel der Biographie universelle vorgebracht habe. Uebrigens können Autoritäten, sie mögen noch so rücksichtswürdig seyn, hier nicht entscheiden; die Frage reducirt sich darauf, ob die Werke, welche ich citirt habe, wirklich das Datum führen, welches ich ihnen beigelegt habe, und ob meine Anführungen aus denselben getreu sind. Hätten auch alle Akademiker der Welt einstimmig entschieden, daß Worcester zuerst den Vorschlag gemacht habe, das Wasser durch die elastische Kraft des Dampfes in die Höhe zu treiben, so bliebe es doch ausgemacht, daß der erste Gedanke Salomon de Caus angehört; denn 1615 ist früher als 1663. Ferner, so lange man nicht bewiesen haben wird, daß 1695 auf 1736 gefolgt sey, wird Papin ungeachtet der Autorität aller heutigen, vergangenen und zukünftigen Berichte das Verdienst bleiben, die Dampfboote 42 Jahre vor seinem Mitbewerber Jonathan Hull vorgeschlagen zu haben.

Saone ein großes Boot der Art einrichtete, welches nicht weniger als 46 Metres Länge und 4,5 Metres in der Breite hatte;

Daß der damalige Minister der Akademie der Wissenschaften im Jahre 1783 das Verhandlungs-Protokoll über die Leistungen dieses Bootes übergab und ihre Entscheidung verlangte, ob Marquis de Jouffroy ein Recht auf das nachgesuchte ausschließende Privilegium habe. *) (Die Herren Borda und Perier wurden zu Kommissären ernannt.)

Daß die in England von Hrn. Miller, Lord Stanhope und Hrn. Simington angestellten Versuche einer viel späteren Zeit angehören; denn die des Erstgenannten müssen in das Jahr 1791 versetzt werden, jene Lord Stanhope's in das Jahr 1795, und der von Simington in einem Kanal Schottland's angestellte Versuch in das Jahr 1801;

Daß endlich die Versuche der Herren Livingston und Fulton zu Paris vom Jahre 1803 denselben um so weniger einen Anspruch auf Erfindung gewähren können, als Fulton in England umständliche Kenntniß der von den Herren Miller und Simington angestellten Versuche besaß, und mehrere seiner Landsleute, unter Andern Hr. Fitch, sich mit Versuchen über diesen Punkt befaßt haben, welche seit 1786 bekannt gemacht waren. Immer bleibt es jedoch ausgemacht, welches auch die Ursache gewesen seyn mag: das erste Dampfboot, welches nach gemachtem Versuche nicht wieder aufgegeben wurde, das erste, welches zum Transporte von Passagieren und Waaren verwendet wurde, war dasjenige, welches Fulton zu New-York im Jahre 1807 erbaute und welches die Reise von dieser Stadt nach Albany zurücklegte. In England schreibt sich das erste Dampfboot, welches man für die Bedürfnisse des Handels und der Reisenden in Stand gesetzt hat, erst vom Jahre 1812 her, es befuhr den Clyde und führte den Namen: „Der Komet.“

---

*) Das bei Lyon versuchsweise angewendete Boot enthielt zwei getrennte Dampf-Maschinen. Die Ereignisse der französischen Revolution nöthigten Jouffroy, auszuwandern, und alle seine Versuche blieben sohin erfolglos.

Im Jahre 1813 ward ein zweites errichtet, welches von Yarmouth nach Norwich übersetzte.

Kunstgriffe, welche der Dampf-Maschine die Fähigkeit verleihen, von selbst und ohne Beihülfe irgend eines Arbeiters zu gehen.

Die ersten Maschinen Newcomen's erforderten die beständige Gegenwart eines Menschen, welcher zur gehörigen Zeit verschiedene Hähne wechselweise auf- und zudrehte, bald um die Wasserdämpfe in den Pumpenraum zu leiten, bald um das zur Condensirung derselben erforderliche Wasser einzulassen. Man erzählt sich, daß ein Kind, Namens Humphry Potter, zuerst den Mechanismus erfunden habe, mit Hülfe dessen die Maschine selbst in den schicklichen Momenten die Hähne umdreht. Es heißt, daß Potter eines Tags, aufgebracht darüber, daß er nicht mit seinen Kameraden spielen konnte, auf den Einfall kam, die Enden zweier Bindfaden an die Drehlinge der beiden Hähne, welche auf- und zugemacht werden mußten, zu befestigen, die andern beiden Enden aber um den Balancier zu binden, so daß dieser letztere durch das bei'm Auf- und Absteigen verursachte Anziehen den Dienst für ihn verrichtete. Der Mechaniker Beigthon vervollkommnete diesen ersten Gedanken, indem er am Balancier einen senkrechten hölzernen Rechen, im Englischen plug frame genannt, befestigte. Dieses Dreieck war mit mehreren Pflöcken versehen, welche in den schicklichen Momenten durch die Bewegung des Balanciers gegen die Griffe verschiedner Ventile gedrückt wurden. Diese Vorrichtung Beigthon's ward mit mehreren Verbesserungen von Watt angenommen. Gegenwärtig geschieht das Zuleiten des Dampfes in die verschiedenen Pumpenräume durch ein einfacheres Mittel, durch welches die Anwendung des plug frame wenigstens bei Maschinen von nicht außerordentlicher Kraft, und welche zum Drehen einer Axe bestimmt sind, ganz vermieden werden kann. Dieses Mittel, welches ich gar nicht zu beschreiben versuche, indem eine Beschreibung ohne Abbildung wahrscheinlich unverständlich bleiben würde, wird tiroir oder clissoir genannt. Ein excentrisches Rad, welches an der durch die Maschine zu drehenden Axe an-

gebracht ist, versetzt diesen Schieber oder Schleifer bei jeder Umdrehung in zwei entgegengesetzte Stellungen, und das ist hinreichend, um vermöge der weiteren Einrichtung dieses Schiebers den Dampf aus dem Kessel bald über, bald unter den Kolben zu leiten, und den Dämpfen, welche bereits ihre Dienste geleistet haben, einen schicklichen Abzug in den Condensator zu verschaffen.

Der Mechanismus des Schiebers und seiner Excentrität ist im Jahr 1801 durch Hrn. Murray aus Leeds erfunden worden.

In den Maschinen mit hohem Druck und doppelter Wirkung gelangt der Dampf abwechselnd in die zwei Pumpenräume und erlangt sohin einen Abzug in die Atmosphäre nach jeder Viertels-Umdrehung eines und desselben Hahnes, welcher der vierfach durchbohrte Hahn oder Hahn mit vierfacher Bohrung genannt wird.

Diese außerordentlich sinnreiche Vorrichtung wird heut zu Tage bei allen großen Wassersäul-Maschinen in Deutschland angewendet. Es ist Papin, welchem man diese Erfindung verdankt, man trifft sie bei der Maschine mit hohem Drucke dieses Mechanikers an, welche Leupold uns in der Abbildung erhalten hat, so wie auch bei derjenigen, welche Leupold selbst später, nämlich im Jahre 1724, vorgeschlagen hat.

Hr. Keane Fitzgerald publicirte in den Transactions philosophicals im Jahre 1758, S. 727 ff., die Beschreibung eines Vorganges, welcher geeignet ist, die geradlinige Bewegung des Auf- und Niedergehens, welche dem Kolben einer Dampf-Maschine eigen ist, in eine ununterbrochene drehende Bewegung zu verwandeln. Er bewerkstelligte diese Umwandlung mittelst eines ziemlich verwickelten Systems von gezähnten Rädern, worunter mehrere Sperr-Räder seyn müssen. Bis hieher fällt die Methode dieses Maschinisten mit derjenigen zusammen, welche Papin lange Zeit vorher vorgeschlagen hatte, allein er hatte den weiteren Gedanken, bei seiner Vorrichtung auch ein Schwungrad anzubringen. Es ist dieß ein Mittel,

die Bewegung der Dampf-Maschinen zu reguliren, welches in unseren Tagen allgemein angewendet wird, und wovon die Ehre der Erfindung nach Rechten Hrn. Keane Fitzgerald gebührt.

So lange die Schwingungen des Balanciers einer Dampf-Maschine auf die Drehungs-Axe nur vermittelst gezähnter Räder einwirkten, war es unvermeidlich, daß häufig etwas an der Maschine brach, was sowohl an und für sich, als vorzüglich wegen der Unterbrechung der Arbeit die Brauchbarkeit der Maschine sehr verminderte. Im Jahre 1778 machte Hr. Washbrough aus Bristol den Vorschlag, diese Verbindung mit Hülfe einer gebogenen Kurbel herzustellen, welche mit der Drehungs-Axe ein Stück ausmachte: das war also, wie Jedermann weiß, dieselbe Vorrichtung, welche bei allen Spinn- und Schleifer-Rädern angewendet wird. Nichts desto weniger ward ein Privilegium hierauf verlangt und ertheilt, und ein Kunstgriff, dessen sich Jedermann frei bedienen durfte, sobald die Triebkraft ein menschlicher Fuß oder ein fließendes Wasser war, dem Maschinisten, welcher sein Werk durch Dampf treiben wollte, verboten. Watt hat sich daher, um der Nothwendigkeit zu entgehen, für jede seiner Maschinen dem Bristoler Mechaniker einen Abfindungs-Betrag zu bezahlen, bis zur Erlöschung des im Besitze des Letztern befindlichen Privilegiums einer Vorrichtung bedient, wobei die Umwandlung der Bewegung mittelst eines gezähnten Rades, welches mit der Drehungs-Axe fest zusammenhieng und welches er deßhalb das Sonnenrad nannte, weil dessen Mittelpunkt unverrückt blieb, und durch Anwendung eines zweiten ebenfalls gezähnten Rades bewirkt wurde, welches an dem Endpunkte der Spreitze des Balanciers angebracht war, und welches er, im Gegensatz des ersten, das planetarische Rad nannte. Es wäre überflüssig, diesen Mechanismus hier umständlicher zu beschreiben, indem Watt selbst, sobald er nur konnte, sich der Kurbel bediente.

Mittel, die Kolbenstange senkrecht gehen zu machen und sie mit dem Balancier in Verbindung zu setzen.

Bei der Maschine mit einfacher Wirkung Watt's und Newcomen's endigte sich der Balancier in einen Kreisbogen.

Eine biegsame Kette, welche an dem von dem Stempel am weitesten entfernten Endpunkte dieses Bogens befestigt wurde, war die einzige Verbindung, welche zwischen diesen beiden Gliedern der Maschine hergestellt war. Sank der Embolus durch den Druck der Atmosphäre, so zog er den Balancier nach sich; stieg der Embolus durch die Wirkung eines am andern Ende angebrachten Gegengewichtes, so war es der Balancier, welcher an demselben zog. Nun ist aber eine Kette, sie mag noch so biegsam seyn, immer ein vortreffliches Mittel, einen Zug auszuüben; die Anwendung derselben bei der Maschine mit einfacher Wirkung konnte also keine Schwierigkeit herbeiführen.

Nicht also verhält es sich bei der doppelt wirkenden Maschine. Bei'm Herabgehen wird freilich der Embolus auf den Balancier einen Zug ausüben, aber bei der aufsteigenden Bewegung soll der Balancier von unten nach oben gestoßen werden, allein eine biegsame Kette ist ganz ungeeignet, einen Stoß fortzupflanzen. Der frühere Mechanismus erforderte daher in dieser Rücksicht eine Abänderung.

Die erste, welche man anwendete, bestand darin, daß derjenige Theil der Kolbenstange, welcher immer außerhalb der Pumpe bleibt, gezähnt und derselbe ganz eigentlich zu einem Kesselhaken umgewandelt wurde, welcher in einen ebenfalls gezähnten Kreisbogen eingriff, der an dem Ende des Balanciers angebracht war. Das ist es, was Papin im Jahr 1695 vorgeschlagen hatte.

Später ersann Watt eine bei weitem zweckmäßigere und noch gegenwärtig allenthalben, wo man nicht durch den Raum beengt ist, allgemein angewendete Verbindungs-Art; es ist dieß diejenige, welche man die Methode des Parallelogramms oder der parallelen Bewegung nennt. Es wäre sehr schwierig, hievon eine vollständige Beschreibung ohne Zeichnung zu liefern. Ich will daher nur bemerken, daß ein Parallelogramm, dessen vier Winkel in vier Zapfen gehen, und welches daher alle möglichen Aenderungen in den Winkeln erleiden kann, ohne darum aufzuhören, Parallelogramm zu seyn, mit der die beiden oberen Winkel verbindenden Seite an dem Balancier unveränderlich befestigt ist; daß der Kolbenschaft an einen der unteren

Winkel befestigt ist, und daß der vierte Winkel mit einer steifen Ruthe in Verbindung gesetzt ist, welche undehnbar und um einen fixen Punkt beweglich ist. Dieser Punkt mag wie immer gegen die Maschine gelegen seyn; sobald nur der von demselben ausgehende Hebel von unveränderlicher Länge ist, so muß das Parallelogramm bei den Schwingungen des Balanciers unausweichlich durch die Einwirkung dieses Hebels verschiedene Gestalten annehmen, bald rechtwinklicht, bald schiefwinklicht werden. Ist zugleich die Stellung dieses Punktes, von welchem dieses Gestänge ausgeht, richtig gewählt, und hierin besteht die Entdeckung Watt's, so wird der bewegliche und veränderliche Winkel des Parallelogramms, an welchem die Kolbenstange befestigt ist, während der Schwingungen des Balanciers fortwährend eine beinahe senkrechte Lage über dem Embolus behalten. Die Kolbenstange wird also hiedurch vollkommen in der passenden Richtung erhalten, und da ihre Verbindung mit dem Balancier durch unbiegsame Winkelglieder hergestellt ist, so wird sie nicht nur bei der herabsteigenden Bewegung des Embolus den Balancier von oben herabziehen, sondern auch denselben von unten hinaufstoßen, wenn der Embolus aufwärts steigt.

Das gegliederte Parallelogramm erregt im höchsten Grade die Aufmerksamkeit Derjenigen, welche zum ersten Male eine Dampf-Maschine in Gang sehen. In den Augen des geübten Mechanikers erscheint dasselbe als eine sehr leicht auszuführende, keinerlei Erschütterungen unterliegende Vorrichtung von ungemeiner Dauerhaftigkeit. Es ist dieß unbestreitbar eine der sinnreichsten Erfindungen Watt's. Das Patent, in welchem dieselbe zum ersten Male beschrieben ist, lautet vom April 1784.

Regulator mit Centrifugal-Kraft.

Die Röhre, welche bei den Maschinen Watt's den Dampf aus dem Kessel in den Pumpenraum leitet, enthält eine dünne Platte oder Klappe von der Art, wie man sie bei den Abzugsröhren der Teiche anbringt. In einer gewissen Lage läßt die Platte die Oeffnung der Zuleitröhre beinahe völlig frei. In einer andern ist die Röhre hiedurch völlig geschlossen. In den dazwischen befindlichen Lagen bleibt eine größere oder kleinere

Oeffnung, je nachdem sich dieselbe der einen oder der anderen dieser beiden Hauptstellungen nähert. Die Bewegungen dieser Platte können vermittelst einer Axe vor sich gehen, welche nach Außen dieser Röhre verlängert ist.

Ist die Klappe völlig geöffnet, so erfüllt der Dampf den Pumpenraum mit großer Schnelligkeit; ist sie beinahe ganz geschlossen, so wird im Gegentheil eine geraume Zeit vergehen, bis eine gleiche Menge Dampfes eingelassen worden ist. Aber die Schnelligkeit der Bewegung des Embolus hängt augenscheinlich von der Geschwindigkeit ab, mit welcher der Dampf ihn gegen jene Punkte treibt, an welchen seine Bewegung umsetzt. Die Klappe der Zuleit-Röhre giebt also bis auf einen gewissen Grad ein Mittel, diese Geschwindigkeit zu reguliren. Endigt sich die Axe dieser Klappe von außen in eine Kurbel, so wird das Drehen dieser Kurbel nach verschiedenen Richtungen hinreichend seyn, die Bewegung des Embolus zu beschleunigen oder zurückzuhalten. Es wird z. B. erforderlich seyn, die Kurbel um ein Bestimmtes aufwärts zu drehen, wenn der Embolus zu schnell geht und man seine Bewegung mäßigen will, und die Kurbel im Gegentheil in etwas hinabzudrücken, wenn derselbe zu langsam geht. Bringt man an der Maschine einen eigenen Theil an, welcher nothwendig aufwärts steigt, wenn sich die Geschwindigkeit der Maschine vermehrt, und dagegen herabsinkt, sobald dieselbe nachläßt, so wird die Maschine selbst ihren Gang reguliren, es braucht hiezu nichts weiter, als daß dieses Glied der Maschine mit der erwähnten Kurbel auf irgend eine Weise in Verbindung gesetzt werde. Dieß ist der Zweck der Vorrichtung, welchen Watt den Governor nannte, und welche heute zu Tage allgemeiner unter den Namen des Moderator's oder Regulator's mit Centrifugal-Kraft bekannt ist. Diese Vorrichtung besteht in einer senkrechten Axe, welche durch die Maschine in eine drehende, und zwar in dem Maaße schneller drehende Bewegung versetzt wird, als sie selbst einen beschleunigteren Gang annimmt. An dem oberen Ende dieser Axe ist ein horizontaler Zapfen angesetzt, und an diesem Zapfen sind zwei metallene Stäbchen an Ringen ziemlich lose aufgehängt, so daß sie mehr oder weniger aus der senkrecht herabhängenden Lage gebracht

werden können. Jedes dieser Stäbchen endigt sich gegen abwärts in eine schwere metallene Kugel. Wird die senkrechte Axe durch die Maschine in Drehung versetzt, so werden sich diese Kugeln, welche dadurch ebenfalls in Umschwung gesetzt werden, durch die hiedurch erlangte Schwungkraft von dieser Axe auf einen gewissen Grad entfernen. Nimmt die Schnelligkeit der Bewegung zu, so wird dieses Abstehen ebenfalls zunehmen; läßt die Bewegung nach, so werden sich die Kugeln der Axe wieder nähern. Diese ab- und zunehmende Distanz der beschriebenen Kugeln wirkt durch Verbindungs-Stangen auf die Kurbel der Klappe der Zuleit-Röhre, und hiedurch ist jedem beträchtlichen Wechsel in der Geschwindigkeit der Maschine vorgebeugt.

Diese Vorrichtung von beweglichen Stäben, welche bewegliche Kugeln tragen; dieses konische Pendel, wie es vormals genannt wurde, wurde schon vor sehr langer Zeit als Regulator in den Mahlmühlen angewendet. Man bediente sich desselben gleichfalls, um die Oeffnung des Schutzbrettes zu reguliren, durch welche die zum Treiben eines Flügelrades bestimmte Flüssigkeit eindringt. Diese letztere Anwendung kam sowohl in Ansehung des Zweckes als der Mittel völlig mit derjenigen überein, welche Watt im Jahre 1784 bei den Dampf-Maschinen davon machte.

Sicherheits-Ventil.

Die unter den Dampf-Kesseln großer Maschinen angebrachte Feuerung läßt sich durchaus nicht so gleichmäßig bemessen, als daß nicht von Zeit zu Zeit der Dampf, welcher den Kessel zum Theil erfüllt, hiedurch auf eine Tension gebracht werde, welche der Festigkeit seiner Wände überlegen ist. Diesen Uebelstand und die hiedurch herbeigeführten gefährlichen Explosionen zu beseitigen, ist die Aufgabe der kleinen Vorrichtung, welche man mit Recht ein Sicherheits-Ventil nennt.

Das Sicherheits-Ventil ist eine Erfindung Papin's; es macht einen wesentlichen Theil seines Digestors aus, und man findet die Beschreibung davon auf der 6., 7., 8., 9. und 10. Seite eines kleinen, 1682 zu Paris aufgelegten Werks, betitelt:

„Manière d'amollir les os" etc. *) Die Methode Papin's ist genau dieselbe, welche bei den Sicherheits-Ventilen heut zu Tage angewendet wird. Sein Princip ist überdieß sehr einfach. Es soll vermieden werden, daß von innen heraus auf den Kessel jemals ein größerer Druck ausgeübt werde, als ein gewisses vorhinein bestimmtes Maximum beträgt. Um dieß zu bewirken, schneidet man eine sehr kleine kreisförmige Oeffnung in dieser Wand aus und deckt dieses Loch mit einer genau schließenden Klappe, welche von innen nach außen aufgeht: es hat dieß dieselbe Wirkung, als ob dieser kleine Theil des Kessels selbst beweglich geworden wäre. Nehmen wir z. B. an, die Oberfläche dieser Oeffnung betrage einen Centimetre in's Gevierte. Papin berechnete sodann, welcher Druck auf einen Centimetre in's Gevierte des Kessels ausgeübt werde, wenn die Spannkraft des Dampfes das beabsichtigte Maximum erreicht hat, und findet auf diese Weise, mit welchem Gewichte er diesen Stoppel belasten müsse, daß er nicht schon bei einem unter dieser Grenze stehenden Drucke aufgehoben werde, und daß er

*) Man findet in der Geschichte Robison's über die Dampf-Maschinen, und zwar in der von Watt commentirten Auflage, S. 48. folgende Stelle: „Dr. Papin, ein Franzose, fand um diese Zeit (um das Jahr 1699) ein Mittel, die Knochen und andere feste thierische Substanzen in Wasser aufzulösen, indem er sie in vollkommen geschlossene Gefäße einschloß, welche er Digestatoren nannte. Jene Stoffe wurden auf diese Weise einer großen Hitze ausgesetzt. Ich muß hier bemerken, daß Hooke, der subtilste Experimentator in einem Jahrhundert, welches so reich an scharfsinnigen Forschungen war, lange Zeit vorher, nämlich im Jahr 1684, gefunden hatte, daß das Wasser nicht über einen gewissen Wärmegrad erhitzt werden könne, wenn die Luft freien Zutritt hat, und daß dasselbe immer denselben Grad zeigt, sobald es zu sieden anfängt."

Die Methode, die Knochen aufzuweichen, müßte nicht 1682 bekannt gemacht worden seyn, wenn diese Stelle richtig seyn sollte; aber nachdem das Jahr 1682 allerdings das wirkliche Datum des Papin'schen Werkes ist, so wird das „lange Zeit vorher" des Dr. Robison in „einige Zeit darauf" zu verwandeln seyn. Die von der Arithmetik entlehnten Argumente sind unwiderleglich.

sich dagegen hebt und dem Dampfe einen freien Ausweg gestattet, sobald diese Grenze des Druckes überschritten ist. Dieses Mittel würde einige Schwierigkeit in der Anwendung darbieten, wenn die Klappe eine große Oeffnung zu schließen hätte und daher der Druck gegen dieselbe ziemlich groß wäre. Die Gewichte, mit welchen man sie dann belasten müßte, wären sehr beträchtlich und schwer anzubringen; auch zog Papin es vor, auf den Stoppel durch einen Hebel zu wirken. Das an Einschnitten des Hebel-Armes in verschiedenen Entfernungen vom Unterstützungs-Punkte anzubringende Gewicht gestattet, wie das Gewicht an einer Schnellwage, verschiedene Grade des Gegendrukkes auszuüben, aus welchen der Mechaniker täglich denjenigen auswählt, welcher der Gattung der auszuführenden Arbeit angemessen ist.

Ich bin ganz umständlich in die Auseinandersetzung des Sicherheits-Ventils Papin's eingegangen, weil diese kleine Vorrichtung von außerordentlicher Wichtigkeit ist, weil sie zum größten Theil den verheerenden Unfällen vorbeugt, welche vor ihrer Einführung durch das Zerspringen der Kessel unvermeidlich waren, weil ich überdieß hier eine neue Gelegenheit gefunden habe, unserem Landsmanne jene Gerechtigkeit widerfahren zu lassen, welche ihm zu lange versagt wurde. *)

*) Partington behauptet in seinem interessanten Werke, daß die ersten Maschinen Savery's bereits ein Sicherheits-Ventil hatten; das ist jedoch ein Irrthum. Die im XXI. Bande der Transactions philosophicals vorkommende Abbildung enthält keine Spur hievon. Wäre das übrigens auch wirklich der Fall, so bliebe Papin demungeachtet der wirkliche Erfinder, indem seine gedruckte Beschreibung vom Jahr 1682 ist; das Patent Savery's aber nur bis zum Jahr 1698 hinaufreicht und sein erster vor der königlichen Akademie angestellter Versuch im Jahre 1699 stattfand. (Transactions, Thl. XXI., S. 288.) Dr. Robison scheint ebenfalls das Sicherheits-Ventil Savery zuschreiben zu wollen, indem er dasselbe in der Beschreibung der Maschine dieses Mechanikers figuriren läßt, ohne Papin zu nennen, dessen Werk über den Digestor ihm doch bekannt war. Aber die gewohnte Unparteilichkeit Dr. Robison's hat ihn jederzeit verlassen, wenn er von Papin sprechen sollte. Seine in diesem Punkte vorgefaßte Meinung, ich wüßte mich nicht gelinder auszudrücken,

Zur Zeit, als das Zerspringen auch solcher, sich von selbst einen Ausweg verschaffender Metall-Töpfe zu der Ueberzeugung führte, daß ein gewöhnliches Sicherheits-Ventil ungeübten Händen nicht anvertraut werden könne, war man darauf bedacht, an diesen Geräthen einen Theil anzubringen, welcher unausbleiblich von selbst seine Wirkung thun mußte, sobald die Temperatur zu hoch gestiegen seyn würde.

Man erwählte hiezu diejenige metallische Mischung, welche bei den Chemikern unter dem Namen des leichtflüssigen Metalles bekannt und aus Wismuth, Zinn und Blei zusammengesetzt ist. Ein Theil dieser Mischung, womit eine an dem Topfe gelassene Oeffnung zugelöthet wird, schmolz und gewährte den Dämpfen freien Ausweg, sobald sie eine zu große Spannkraft, oder was dasselbe ist, eine zu hohe Temperatur erlangten. Seither sind diese leichtflüssigen Einsetz-Platten in Frankreich bei allen Dampf-Kesseln der Maschinen mit hohem Drucke in Anwendung: die Behörden haben deren Anwendung anbefohlen. Der Grad der Schmelzbarkeit dieser Platten, welcher nach dem verschiedenen Antheil der beigemischten Metalle verschieden ist, wird immer zum Voraus, nach der Spannkraft des Dampfes, bemessen, welche der Erbauer zum Treiben seiner Maschine anzuwenden erklärt. Auf diesem Abschnitt unserer Darstellung angelangt, welcher die bereits allgemein gangbare Einrichtung der Dampf-Maschinen, im Gegensatze der eigentlich erst im Vorschlag und Werden begriffenen Verbesserungen und Entdeckungen enthält, wollen wir die verschiedenen Folgerungen zusammenstellen, zu denen uns die bisherige Entwicklung berechtigt. *)

---

war der Art, daß er dießfalls in einer beständigen Selbsttäuschung befangen war, selbst, wie man gesehen hat, rücksichtlich des Datums jener Werke des Physikers von Blois, welche er nicht umhin konnte, anzuführen.

*) Mit dieser Reassumirung schließt der Verfasser seinen Aufsatz im Annuaire für 1829 und verweiset uns zugleich rücksichtlich der neuesten Entdeckungen und Verbesserungen in diesem Gebiete an den nächsten Jahrgang. Im Annuaire für 1830 erklärt jedoch der Verfasser, diesen zu sehr polemisch gewordenen Aufsatz schicklicher Weise nicht weiter fortführen zu können, und liefert daher

1615. Salomon de Caus ist der Erste, welcher daran gedacht hat, die ausdehnsame Kraft der Wasser-Dämpfe bei einer hydraulischen Maschine anzuwenden, welche zu Ausschöpfungen bestimmt war.

1690. Es ist Papin, welcher die Möglichkeit eingesehen hat, eine durch Wasserdampf und Stempel getriebene Maschine zu verfertigen.

1690. Es ist Papin, welcher zuerst bei einer Dampf-Maschine mit Stempel, die elastische Kraft des Dampfes sowohl als auch die Eigenschaft desselben, durch die Kälte sich zu verdichten, vereinigt angewendet hat.

1705. Newcomen, Cawley und Savery haben zuerst eingesehen, daß, um einen raschen Niederschlag des Dampfes zu bewirken, das zur Abkühlung bestimmte Wasser in Gestalt eines feinen Regens unter den Dampf selbst eingespritzt werden müsse.

1769. Watt hat auf die resultirenden, unermeßlichen, ökonomischen Vortheile aufmerksam gemacht, wenn man das Condensiren des Dampfes, statt in dem inneren Pumpenraum selbst, in einem besonderen Gefäße bewerkstelligt.

---

anstatt der versprochenen Fortsetzung einen umständlichen Artikel über die Explosionen der Dampf-Kessel, deren bisher bekannte Ursachen, Erklärungs-Arten und die Vorsichts-Maaßregeln, denselben vorzubeugen. Ich glaubte diesen allerdings etwas weitläufigen und voluminösen Artikel um so weniger unterdrücken oder beschränken zu dürfen, als die darin behandelten Fragen nächstens in Deutschland von höchstem praktischem Interesse werden dürften, indem wir bei den bevorstehenden Eisenbahn- und Dampfwagen-Etablissements bald in den Fall kommen dürften, unser Gut und Leben der Festigkeit der Dampf-Kessel anzuvertrauen, und der aufmerksame Leser des folgenden Aufsatzes nicht nur erfahren wird, ob und woher überhaupt ihm Gefahr drohe, sondern sich auch gewissermaßen in den Stand gesetzt sehen wird, in jedem Augenblick den gefahrlosen Stand der Maschine oder die Anzeichen einer bevorstehenden Explosion zu beurtheilen und auf seine Sicherheit zu wachen.

Anmerk. d. Uebersetzers.

1769. Watt hat zuerst gezeigt, auf welche Art das Zurückhalten des Dampfes angewendet werden könne.

1690. Papin hat zuerst vorgeschlagen, eine Dampf-Maschine zum Drehen einer Spindel oder einer Axe zu verwenden, und hat auch eine Art angegeben, diesen Vorschlag auszuführen. Bis zu seiner Zeit hatte man die Dampf-Maschinen lediglich als brauchbare Ausschöpf-Maschinen betrachtet.

1690. Papin hat die erste Dampf-Maschine mit doppelter Wirkung, jedoch mit zwei Pumpen-Stiefeln vorgeschlagen.

1769. Watt hat die erste Maschine mit doppelter Wirkung und einer Pumpe erfunden.

Vor dem Jahre 1710 hat Papin bereits die erste Dampf-Maschine mit hohem Drucke, ohne Condensation, erfunden.

1724. Leupold hat zuerst eine derlei Maschine mit Kolben beschrieben.

1801. Die ersten ortsverändernden Maschinen mit hohem Drucke verdankt man den Hrn. Trevithick und Vivian.

1690. Papin ist als der eigentliche Erfinder der Dampfboote anzusehen.

Von den Haupttheilen, aus welchen eine Dampf-Maschine zusammengesetzt ist, hat:

1718. Beighton den senkrechten, zugleich mit dem Pumpenschwengel beweglichen Rechen oder plug frame erfunden, welcher die verschiedenen Ventile bei den großen Maschinen öffnet und schließt.

1758. Fitzgerald hat sich zuerst eines Schwungrades bedient, um die durch eine Dampf-Maschine bewirkte Axendrehung zu reguliren.

1778. Washbrough hat die gekrümmte Kurbel angewendet, um die geradlinige Bewegung des Kolbens in eine drehende umzuwandeln.

1784. Watt hat das gegliederte Parallelogramm ausersonnen.

1784. Watt hat mit großem Vortheile den Regulator mit Centrifugal-Kraft, welcher bereits früher bekannt war, auch bei seinen Maschinen angewendet.

1801. Murray hat die ersten mit Excentricität wirkenden Schieber oder Schleifer beschrieben und ausgeführt.

Vor 1710 hatte Papin den vierfach durchbohrten Hahn erfunden, welcher bei den Maschinen mit hohem Drucke von so wesentlicher Anwendung ist.

1682. Papin hat das Sicherheits-Ventil erfunden.

Ueber die Explosionen der Dampf-Maschinen.

Die Dampf-Maschinen werden dann als das Meisterstück des menschlichen Erfindungs-Geistes anzusehen seyn, wenn man dahin gelangt seyn wird, die heut zu Tage noch öfters stattfindenden Explosionen ganz unmöglich zu machen, oder doch zu verhüten, daß diese Unfälle nicht mehr zu solchen Scenen von Zerstörung und Tod führen, welche bisher nur zu oft damit verbunden sind. Diese Aufgabe, man muß es gestehen, ist bisher noch nicht vollkommen gelöst, obwohl sich die geschicktesten Physiker und Mechaniker angelegentlich damit befaßt haben. Die sinnreiche Vorrichtung Papin's, welche unter dem Namen Sicherheits-Ventil bekannt ist, genügt allerdings für gewöhnliche Fälle; allein es können Umstände zusammentreffen, was zum Glück sehr selten der Fall ist, unter welchen dieselbe unzulänglich und selbst gefahrbringend wird. Diese Umstände, so weit es wenigstens der unvollkommene Stand unseres Wissens in dieser Rücksicht gestattet, näher zu bezeichnen, die Ursachen, welche sie herbeiführen und einige mehr oder weniger zweckdienliche Mittel anzugeben, wodurch dieselben vermieden werden sollen, das ist der Gegenstand dieses Kapitels.

Ich will vorerst den Lesern eine kurz gefaßte Zusammenstellung aller mir bekannten Explosionen vor die Augen bringen, welche von Sachverständigen bezeugt oder berichtet worden sind.

Hiebei werden wir am besten beurtheilen können, in wie weit man die wahren Veranlassungen dieser schrecklichen Ereignisse aufzufinden gewußt hat.

Beispiele der größten Wirkungen, welche derlei Explosionen bis jetzt vorgebracht haben.

Lochrin ist der Name einer ausgedehnten Weingeistbrennerei in der Umgegend von Edinburg. Der Eigenthümer beschloß vor einigen Jahren aus ökonomischen Rücksichten die bis dahin angewendete Methode mit der Destillirung durch Dampf zu vertauschen. Weite metallene Röhren, in welchen stets ein Strom von sehr heißen Wasserdämpfen circulirte, durchzogen die mit den in Wallung zu bringenden Flüssigkeiten erfüllten Gefäße. Der zur Erhitzung bestimmte Dampf wurde in einem ein Drittel Zoll starken Kessel von geschmiedetem Eisen erzeugt, welcher 37 englische Fuß lang, am Boden 3 Schuh und beim Anfang des Deckels 2 Schuh breit und 4 Schuh hoch war. Das Gesammt-Gewicht dieses Kessels war 180 Centner. An dessen oberem Theile waren zwei Sicherheits-Ventile angebracht, welche so eingerichtet waren, daß sie sich öffnen mußten, sobald der Druck von innen mehr als 60 englische Pfunde auf den Quadrat-Zoll betragen würde, was dem vierfachen Druck der Atmosphäre gleichkommt. Um zu verhindern, daß die Arbeiter die Ventile nicht zu stark belasteten, war eines derselben mit einem eisernen gesperrten Gitter verwahrt. Dieser ungeheure Apparat begann seine Wirksamkeit am 21. März 1814. Zwölf Tage darnach existirte er nicht mehr: eine Explosion hatte ihn gänzlich zerstört.

In dem Augenblick der Katastrophe theilte sich der Kessel in zwei ungleiche Hälften. Der obere Theil, bestehend aus dem Deckel und zwei Seitenwänden, wog 140 Centner. Dieser Theil wurde mit solcher Gewalt von unten hinaufgeschleudert, daß er, nachdem er das Gewölbe von Backsteinen über der Werkstatt und das Dach durchgeschlagen hatte, sich noch in der Luft zu einer senkrechten Höhe von 70 englischen Fuß erhob. Diese ungeheure Masse fiel sohin in einer Entfernung von 150 Fuß von dem Punkte des Auffahrens auf eines der Destillerie-Gebäude, drückte es ein und schlug noch bei'm end-

lichen Auffallen auf den Grund eine gewaltige eiserne Schmelz-Kufe in Stücke, welche im Erdgeschoß befindlich war.

Zum Glücke befanden sich im Augenblicke der Explosion nur zwei Arbeiter in der Nähe des Apparats. Es waren dieß die zwei einzigen Personen, welche hiebei das Leben verloren, ein Glücksfall, der um so außerordentlicher ist, als die anderen Theile der Werkstätte damals ganz gedrängt voll Menschen waren, und der Dampf-Kessel, gleichwie ein ungeheurer Minenheerd, in allen Richtungen und mit einer unglaublichen Geschwindigkeit eine unermeßliche Menge von Geräthschaften und Trümmern umher schleuderte. Der Körper des einen Arbeiters war in zwei Stücke getrennt; man betrachtete es als ein bemerkenswerthes Ereigniß, daß die Füße in der Brennerei zurückgeblieben waren, während der Oberkörper weit davon außerhalb des Gebäudes unter dem Schutte gefunden ward.

Die Linie, welcher entlang der Kessel zerriß, war ganz gerade und folgte einer Reihe Nägel, ganz so regelmäßig, als wäre das Eisen mit einer starken Blechscheere zerschnitten worden.

Der Kessel, nach dem Muster Watt's gemacht, war nach außen zu an der dem Feuer zunächst zugekehrten Seite concav. Er bildete daselbst eine Art von Bogen, welcher die Flamme des Ofens gleichsam in den Mittelpunkt der Flüssigkeit eindringen ließ. Nach der Explosion war dieselbe Wand convex, mit solcher Kraft war sie von innen nach außen gedrückt worden. Diese Umgestaltung an sich wäre vorauszusehen gewesen, allein, was man schwerlich glauben würde, hätte der Lokal-Augenschein nicht den unwidersprechlichen Beweis geliefert, der Boden des Kessels, im Gewichte von 40 Centnern, und welcher so sichtliche Spuren des ungeheuren Druckes von oben nach unten zeigte, war demungeachtet während der Explosion 15 — 16 Schuh in die Höhe gehoben und in einiger Entfernung von der gemauerten Grundlage, in welche er ursprünglich eingefügt war, niedergesetzt worden.

Sehr wesentlich ist es, zu bemerken, daß kein Umstand zu der Voraussetzung berechtigt, daß der Unfall bei Lochrin durch eine fehlerhafte Beschaffenheit der Sicherheits-Ventile veranlaßt worden sey. Ich habe bereits angeführt, daß eines der-

selben unter Schloß war: also kann ebensowenig angenommen werden, daß dasselbe zu sehr belastet gewesen sey.

Zweiter Fall, welcher durch das gleichzeitige Zerspringen mehrerer Kessel bemerkenswerth ist.

Das Dampfboot, „die Rhone" genannt, erbaut von den Hrn. Aitkin und Steel, war zum Bugsiren der Schiffe zwischen Arles und Lyon bestimmt. Es führte eine ungeheure Maschine, welche vollkommen gut in den Werkstätten von de la Gare zu Paris ausgeführt worden war, und ihre Nahrung von vier Dampf-Kesseln von gestrecktem Eisen erhielt, deren jeder $1^{3}/_{10}$ Metre im Durchmesser hatte. Seit dem unglücklichen Ereignisse weiß man, daß das Metall an vielen Stellen nicht mehr als 6 Millimetres dick war.

Den 4. März 1827, während Alles auf die Probefahrt hergerichtet ward, welche an diesem Tage im Beiseyn aller Behörden Lyon's vor sich gehen sollte, platzte das Boot. Mehrere Personen, worunter auch Hr. Steel, kamen als Opfer dieses Unfalles um's Leben. Selbst auf dem Rhone-Damm wurden mehrere Zuschauer durch herumfliegende Trümmer vom Gebälke des Bootes getödtet. Das ganze Verdeck wurde auf eine große Entfernung weggeschleudert; die mehr als 30 Centner schweren Kamin-Röhren erhoben sich zu einer beträchtlichen Höhe fast senkrecht in die Luft; die Haube des einen Kessels fiel in einer Entfernung von 250 Metres vom geborstenen Boote herab; dabei war sie nicht unter 20 Centner schwer.

Diese schreckliche Katastrophe war eine unvermeidliche Folge der Unvorsichtigkeit des Werkmeisters. Aufgebracht darüber, daß er die Schnelligkeit des Stromes nicht so völlig überwältigen konnte, als er gehofft hatte, fixirte Hr. Steel die Sicherheits-Ventile der vier Dampf-Kessel und machte sie ganz unbeweglich. Dieses Faktum, so unglaublich es auch scheinen mag, ist auf authentische Weise außer Zweifel gesetzt.

Wir haben erwähnt, daß vier Dampf-Kessel auf dem Boote waren. Es ist ausgemacht, daß zwei davon fast gleichzeitig zersprungen sind. Wenn ich recht berichtet bin, so hat man nach der Förderung des dritten Kessels aus der Rhone, in

welche er gefallen war, auch an diesem Merkmale gefunden, daß er ebenfalls geplatzt ist. Dieses Zerreißen von zwei oder drei verschiedenen Kesseln in derselben Sekunde ist eine sehr sonderbare Erscheinung, worüber wir bei Ausführung der verschiedenen Erklärungs-Arten dieser Ereignisse Rechenschaft zu geben haben werden.

Ich darf die Bemerkung nicht vergessen, daß zu Lyon, wie zu Lochrin, die Haube des Kessels, welche durch die Explosion 250 Metres weit geschleudert wurde, sich von dem Kessel in einer beinahe horizontalen Linie losgerissen hatte, obwohl das Metall diese Linie entlang Differenzen von 2 Millimetres in der Dicke zeigte. Hr. Tabareau, von dem ich diese werthvollen Details entlehnt habe, hat berechnet, daß zwei Millimetres den dicksten Stellen der Wände einen Ueberschuß von Widerstands-Fähigkeit für einen Druck von mehr als sechs Atmosphären verleihen, wenn das Gefäß im Ganzen einen Druck von 20 bis 25 Atmosphären auszuhalten vermag. Es ist also ein gleichzeitiger Bruch an Theilen des Kessels vor sich gegangen, welche in ihrer Festigkeit wenigstens um den Druck von sechs Atmosphären von einander verschieden sind.

Ich habe eben bemerklich gemacht, daß das gleichzeitige Platzen von mehreren Kesseln, welche über verschiedenen Oefen angebracht waren, eine sehr beachtenswerthe Erscheinung sey. Es wird daher nicht überflüssig seyn, noch ein zweites Beispiel aufzuführen.

Am Eingange der Zinngrube zu Polgooth befindet sich eine unermeßliche Dampf-Maschine, welche von drei unterschiedenen Dampf-Kesseln unterhalten wird. Diese Maschine wurde einige Augenblicke eingehalten, um dem Werkmeister Gelegenheit zu geben, die Druckpumpe wieder in Stand zu setzen, als zwei Kessel Schlag auf Schlag platzten. Kapitän Reed, welcher damals ganz in der Nähe der Mine war, erzählt, daß das Getöse der ersten Explosion eben aufgehört habe, als sich auch schon die zweite hören ließ.

Explosionen, welche durch Ueberlastung des Sicherheits-Ventils veranlaßt wurden.

Nach der Explosion, welche die Zucker-Raffinerie von Wellclose-Square zu London völlig zerstörte, ist erhoben worden, daß der Guß des Dampf-Kessels nicht durchaus die erforderliche Stärke hatte. Am Boden traf man nicht weniger als 2½ englische Zoll Dicke, an den beiden senkrechten Wänden 1½ Zoll, an dem unteren Theile der Haube 7/16 Zoll, und an einigen anderen Punkten belief sich die Dicke nur auf ⅛ Zoll.

Einige Augenblicke vor der Katastrophe hatte ein Agent des Erbauers, durch die geringe Wirkung des Apparates aus der Fassung gebracht, ungeachtet der lebhaften Gegenvorstellungen der Raffineurs, das Sicherheits-Ventil mit einem ungeheuren Gewichte belastet, während er zu gleicher Zeit das Feuer auf das heftigste anfachte.

Es zeigte sich, daß zu London wie zu Lyon der Kessel zu gleicher Zeit an Stellen zersprang, welche eine so ungleiche Dicke hatten, daß man glauben sollte, wenn eine dieser Stellen einer bestimmten Kraft weicht, die andere das Zehnfache dieser Kraft ausgehalten hätte.

Während der Untersuchung, welche das Unterhaus im Jahr 1817 aus Veranlassung des Berstens eines Dampfbootes zu Norwich eingeleitet hatte, führte Hr. William Chapman, Civil-Ingenieur zu Newcastle, das Bersten eines Kessels an, welches, wie die eben besprochene Explosion, durch eine Ueberlastung des Sicherheits-Ventils bewirkt worden war. Aber dießmals hatte die Eigenliebe des Erbauers keine Schuld an dem Ereignisse, denn es wurde durch einen Arbeiter herbeigeführt, welcher sich auf das Ventil setzte, damit, wie er sagte, seine Gefährten sehen sollten, wie er auf- und abfahren werde, wenn der Dampf kräftig genug geworden seyn würde, ihn zu heben. Es geschah jedoch, was vorauszusehen war, daß das Ventil sich gar nicht öffnete, sondern der Kessel barst. Dabei wurden viele Menschen getödtet oder verwundet.

In Amerika platzte ein Dampfboot auf dem Ohio, während der Anker gehoben wurde, das ist: in einem Augenblicke,

wo die Maschine unthätig war, mithin kein Dampf consumirt wurde, obwohl das Feuer schon in seiner ganzen Kraft war.

Diesem Ereignisse vorzubeugen, hätte das Ventil gehoben oder erleichtert werden müssen; aus einem unerklärlichen Ungeschicke legte der Werkmeister im Gegentheile ein neues Gewicht zu.

Explosionen, welchen ein bedeutendes Nachlassen in der Spannkraft des Dampfes vorausgegangen ist.

Bei allen bisher angeführten Explosions-Fällen, mit Ausnahme des Unfalles bei Lochrin, ist erhoben, daß das Sicherheits-Ventil entweder ganz festgemacht oder doch überlastet war. Die Ursachen des Zerspringens schienen also am Tage zu liegen. Wir wollen nun eine Reihe von bei weitem nicht so leicht erklärlichen Unfällen durchgehen. Mehrere davon, ich muß gestehen, haben sogar etwas Widersprechendes an sich, das auf den ersten Blick bezweifeln lassen könnte, daß sie wirklich Statt gehabt haben.

Einige Augenblicke, bevor der Kessel aus Gußeisen von mittlerem Drucke, welcher die Dampf-Maschine zu Essone in der Spinnerei Hrn. Feray's trieb, der den 8. Februar 1823 explodirte, gieng diese Maschine ungewöhnlich langsam, so zwar, daß die Arbeiter sich darüber beschwerten. Als die Explosion statt hatte, öffneten sich beide Ventile, und der Dampf strömte reichlich bei denselben aus.

Ein Unfall, dem bei Essone ganz ähnlich, hatte einige Tage darauf auf dem Boulevard des Mont Parnasse zu Paris statt. Auch hier wie bei Hrn. Feray klagten die Arbeiter, daß der außerordentlich träge Gang der Maschine ihnen nur ein sehr geringes Tagewerk zu liefern gestatte, als plötzlich der Kessel sprang, welchen sie für beinahe leer hielten. Dieser Kessel war von gestrecktem Kupfer. Nichts weist auf einen schlechten Stand des Sicherheits-Ventils hin; man hat vielmehr allen Grund, anzunehmen, daß ein ausgiebiges Entweichen von Dämpfen der Explosion vorausgegangen sey.

Als das Dampfboot in Amerika „der Aetna" explodirte,

gab die Maschine nicht mehr als 18 Schläge des Stempels in einer Minute. Die Anzahl der Schläge bei dessen gewöhnlichem Gange belief sich auf 20; der Kessel sprang also bei dem Drucke von merklich unkräftigeren Dämpfen, als er für gewöhnlich auszuhalten hatte.

Am Tag der Explosion des Boots „Le Rapide" zu Rochefort hatte das Manometer (Luftdichtigkeits-Messer) häufig eine Spannkraft der Dämpfe angezeigt, welche das Quecksilber um 30 Centimetres höher trieb, als die Atmosphäre. Einige Augenblicke vor der Explosion stand das Manometer nur auf 15 Centimetres.

Aus der Untersuchung, welche durch die Explosion des Dampfbootes „der Graham" veranlaßt wurde, gieng hervor, daß den Augenblick, als der Unfall statthatte, das Sicherheits-Ventil um ein Gewicht von 20 Pfunden erleichtert worden war.

Explosionen, welchen unmittelbar ein Oeffnen des Sicherheits-Ventils vorausgegangen ist.

Ich erinnere, daß die Explosion des Kessels zu Essone hieher gerechnet werden kann, denn das Ventil hatte sich eben geöffnet, als er sprang.

Ein Kessel, welcher zur Erzeugung von Dämpfen mit niederem Drucke bestimmt war, platzte mitten in einer Werkstatt zu Lyon, unmittelbar nachdem man einen weiten Dampf-Entladungs-Hahn geöffnet hatte, durch welchen der Dampf mit Schnelligkeit zu entweichen begann. Den Hahn öffnen oder das Sicherheits-Ventil aufheben, ist offenbar Eins: die Explosion ward also in diesem Falle durch ein Verfahren herbeigeführt, welches an und für sich zum Abwenden derselben geeignet war.

Diese Thatsache, so befremdend sie auch scheinen mag, wird gewiß als verläßlich erscheinen, wenn ich beifüge, daß sie von Hrn. Gensoul aus Lyon berichtet wird, und was mehr ist, daß dieser geschickte Mechaniker Zeuge davon war.

Wenn in einem außerordentlichen Falle, wie in dem eben angeführten, das Oeffnen eines Ventils sogar das Zerspringen des Kessels herbeiführen kann, so muß es hingegen häufig geschehen, daß dieses Oeffnen, ohne einen wirklichen Unfall zu

bewirken, doch eine merkliche und plötzliche Erhöhung der Spannkraft des Dampfes hervorbringe. Innerhalb gewisser Grenzen können über diese Erscheinung ohne allzugroße Gefahr Beobachtungen angestellt werden. Ich weiß, daß zu Lyon solche Versuche wirklich angestellt worden sind, und daß bei einem kleinen Kessel mit hohem Drucke das Sicherheits-Ventil sich öffnete, sobald ein weiter Ableitungs-Hahn aufgedreht ward. Ich muß übrigens bemerken, daß wir, Hr. Dolony und ich, zu Paris im Gegentheil bey dem Oeffnen der Ventile eine Abnahme der Spannkraft des Dampfes wahrgenommen haben; ich halte jedoch nichts desto weniger den Lyoner Versuch für ganz zuverlässig, weil er durch Hrn. Tabareau, Direktor der Schule de la Martinière, und Hrn. Mey, Professor der Chemie, verbürgt ist. Die glaublichen Ursachen dieses Widerspruches in den Ergebnissen beider Versuche, welche ich später bezeichnen werde, dürften auch auf die Mittel hinweisen, durch welche dieser besondern Gattung von Unfällen, denen dieser Abschnitt gewidmet ist, vorgebeugt werden kann.

Zerdrücken der Kessel nach Innen.

Die Kessel, welche von Platten ausgehämmerten Eisens oder Kupfers zusammengesetzt sind, vorzüglich jene, welche bestimmt sind, unter niederem Drucke zu arbeiten, sind unter gewissen Umständen Zufällen ausgesetzt, welche denjenigen, die wir bisher betrachtet haben, geradezu entgegengesetzt sind.

Diese Kessel werden öfter gänzlich zerdrückt durch ein plötzliches Krümmen ihrer Wände, das von außen nach innen einwärts vor sich geht. Die Städte Lyon und Saint-Etienne sind unlängst der Schauplatz mehrerer solcher Vorfälle gewesen, gegen welche man sich verwahren muß, wäre es auch nur, um nicht große Werkstätten einer plötzlichen Unthätigkeit auszusetzen.

Die kleinen Cylinder derjenigen Kessel, bei welchen der Feuerheerd in ihrem Innern angebracht ist, werden auch bisweilen zerdrückt. Die Wände derselben, welche unter gewissen Umständen dem Drucke des in dem ringförmigen Raume enthaltenen Dampfes nicht widerstehen können, weichen, und der Cylinder wird plötzlich flach. Aber da eine solche jähe Verän-

derung schwerlich stattfinden kann, ohne daß das Metall an einigen Stellen zerreißt, so ergießt sich bei solcher Gelegenheit das siedende Wasser in Strömen in die nächstgelegenen Werkstätten, und verursacht öfters große Unglücksfälle. Von Hrn. John Taylor, Mitglied der königlichen Societät zu London, werde ich ein Beispiel eines Unfalles dieser Art entlehnen.

Zu Flinthshire in den Mold-Mines befindet sich eine ungeheure Dampf-Maschine, welche von drei sämmtlich innerlich geheitzten Kesseln versehen wird. Eines Tages ward die Maschine durch fünf Minuten angehalten; der Aufseher hatte bereits die Thüren der drei Feuerheerde aufgezogen und die Zuglöcher von zweien verstopft; er war eben im Begriffe, diese Operation auch bei dem dritten Kamine vorzunehmen; aber kaum war die Schließplatte vorgeschoben, als er einen Feuerstrom vom Heerde gegen die Werkstatt hervorbrechen sah, worauf unmittelbar eine Explosion erfolgte. Zwei Arbeiter, welche unglücklicherweise in der Richtung gestellt waren, in welcher das siedende Wasser hervorschoß, kamen auf der Stelle um.

Eine aufmerksame Untersuchung des Kessels zeigte, daß der äußere Cylinder sich weder verzogen, noch Schaden gelitten hatte. Man traf sogar das an dem Hebel des Sicherheits-Ventils aufgehängte Gewicht nach dem Unfalle noch an derselben Stelle. Der innere Cylinder war gleichfalls nicht von der Stelle gerückt, wie es bei Explosionen dieser Art Kessel öfters zu geschehen pflegt; aber er war der Länge nach großentheils so sehr plattgedrückt, daß man kaum mit der Hand hineinfahren konnte.

Auf den ersten Blick könnte es befremden, daß ich ein Zerdrücken des Kessels, welches durch ein Uebermaaß der Dampfkraft bewirkt ward, den, so zu sagen, umgekehrten Unfällen an die Seite setze, von welchen in dem vorhergehenden Paragraphen die Rede war; man wird sich jedoch bald überzeugen, daß diese zwei Gattungen von Unfällen allem Anscheine nach verwandten Ursprungs sind.

Unfälle, welche den von innen geheitzten Kesseln eigenthümlich sind.

Wer nur einigermaßen über die zahlreichen Ursachen, wel-

das Platzen eines Kessels herbeiführen können, und über die verschiedenen Combinationen, deren dieselben fähig sind, nachgedacht hat, wird sich bald überzeugen, daß es ganz vergeblich sey, dießfalls unabänderliche Normen aufzustellen. Man muß jedoch beifügen, daß in der Gestalt des Kessels die vorwaltende Ursache der Explosionen liege, und daß sie es ist, welche der Regel nach die Art derselben bestimmt. In dieser Rücksicht vorzüglich wäre eine umständliche und vollständige Zusammenstellung aller sich fortwährend ergebenden Unfälle von großem Nutzen. Wir verdanken es den werthvollen Mittheilungen, welche Hr. John Taylor vor zwei Jahren herausgegeben hat, daß man z. B. gegenwärtig schon behaupten kann, daß bei Kesseln mit dem Feuerheerd im Innern oder aus concentrischen Cylindern die Wände des kleinen Cylinders als deren schwacher Theil anzusehen sind.

Nach den fast gleichzeitigen Explosionen der beiden Kessel in der Zinngrube zu Polgooth fand man, daß die inwendigen Cylinder von beiden ganz gewunden und an vielen Punkten geborsten waren.

In der Mine von East-Crennis hatte sich der kleine Cylinder nicht nur durch das Annähern seiner Wände oben und unten platt gedrückt, sondern er wurde selbst mit vieler Gewalt herausgeschleudert, ohne daß der große Cylinder, welcher ihn umhüllte, sich vom Flecke gerührt hätte, oder daß man eine wesentliche Beschädigung daran vorgefunden hätte. Man hat bereits auf der vorhergehenden Seite einen andern, noch merkwürdigeren Fall angeführt, wo der kleine Cylinder entstellt und zerrissen ward, ohne daß der ihn umhüllende große Cylinder des Kessels irgend davon afficirt worden ist.

Explosion, welcher eine große Erhitzung der Kesselwände vorausgegangen ist.

Eine zu heftige Erhitzung desjenigen Theiles am Kessel, welchen man das Dampf-Reservoir nennt, kann Unfälle herbeiführen. Die Gießerei zu Pittsburg in Amerika wird uns ein Beispiel hievon liefern.

Zum Betriebe derselben ward eine Dampfmaschine mit

hohem Drucke und 24 Pferde-Kraft verwendet, welche den Dampf aus drei besondern cylindrischen Kesseln bezog, deren jeder 30 engl. Zoll im Durchmesser und 18 Fuß Länge hatte. Man hatte seit längerer Zeit bemerkt, daß wegen eines Fehlers in der Wasser-Zuleitungs-Röhre einer dieser Kessel nicht gehörig mit Wasser versorgt ward und rothglühend wurde; aber weil die beiden andern Kessel für sich allein das erforderliche Quantum Dampf lieferten, so hielt man es für überflüßig, diesem Uebelstande abzuhelfen. Allein die Folge davon war, daß der röthlich glühende Kessel eines Tages platzte, daß der größere Theil desselben von dem zurückbleibenden Bruchstücke abriß und, wie eine abgeschossene Rakete, unter einem Winkel von 45 ^{0} in die Luft stieg, das Dach des Gebäudes durchschlug und in einer Entfernung von 600 engl. Fuß niederfiel.

Platzen eines Kessels in der Luft.

Man hat selten verläßliche und genaue Nachrichten über die Umstände, von welchen die Explosionen der Dampfmaschinen begleitet sind, sey es, weil diese Unfälle unerwartet eintreffen und kaum einige Zehntheile einer Sekunde anhalten, sey es, daß die Zeugen in der Regel auch als deren Opfer fallen. Eine aufmerksame Erhebung der Lokalität, der Gestalt, Masse und Entfernung der Bruchstücke wird oftmals erkennen lassen, welcher Theil des Kessels zuerst gewichen seyn mußte, mit welcher Schnelligkeit die Fragmente umhergeschleudert wurden; aber dabei wird man es in der Regel auch bewenden lassen müssen. Es ist daher höchst wichtig, alles dasjenige mit Sorgfalt zu sammeln, was glückliche Zufälle uns über die Natur solcher beklagenswerthen und des Studiums höchst würdigen Ereignisse Näheres eröffnen. Ich beeile mich daher, aus einem Briefe Hrn. Perkins folgenden Vorfall mitzutheilen, welcher, wie ich hoffe, nicht ohne Interesse scheinen wird.

„Ich habe von einer Explosion Nachricht erhalten,“ schreibt mir dieser geschickte Mechaniker, „welcher ein Springen des Kessels unmittelbar vorhergieng, so daß der Dampf mit ungeheurer Schnelligkeit durch den Riß entwich. Ungeachtet dieses unvorbereiteten Sicherheits-Ventils ward der Kessel von der gemauerten Unter-

lage, auf welcher er ruhte, losgerissen, in seiner ganzen Masse einige Schuh hoch über den Boden gehoben, und erst in der Luft gieng die Explosion vor sich, welche ihn in zwei Stücke riß. Die obere Hälfte stieg sehr hoch; die andere schlug sogleich mit großem Getöse auf den Boden auf.“

Wenn ich mich nicht sehr irre, mußten eben diese Umstände auch bei der Explosion zu Lochrin statt gefunden haben.

Gestützt auf die bisher aufgeführten Fälle müssen wir nunmehr den verschiedenen Ursachen, welche so viele Unfälle bewirken konnten, und den Mitteln nachspüren, ihre Rückkehr zu vermeiden.

V.

Nothwendigkeit der Sicherheits-Ventile; Ventile Papin's; deren Mängel; Unfälle, welchen sie vorbeugen können.

Flurence, Rivault, Salomon de Caus und der Marquis von Worcester hatten schon in den Jahren 1605, 1615 und 1663, wie man aus dem Eingange dieses Aufsatzes entnehmen kann, die Bemerkung gemacht, daß ein mit Wasser gefülltes Gefäß, seine Wände mögen noch so stark seyn, unausbleiblich in Stücke zerspringt, wenn man es durch längere Zeit einem lebhaften Feuer aussetzt, ausgenommen eine gewisse Oeffnung gestattet den Dämpfen einen Ausweg in dem Maaße, als sie erzeugt werden. Der unglückliche Versuch Hrn. Steel's zu Lyon hat übrigens die Richtigkeit dieser Ansicht nur zu gut erwiesen.

Der Temperatur-Grad, welcher erforderlich ist, um auf diese Weise ein Gefäß zu zerreißen, hängt von der Hauptgestalt und den Dimensionen dieses Gefäßes und von der zäheren Metallgattung und Dicke der Wände desselben ab. Wenn man unter allen Umständen versichert wäre, daß ein gewisser, vorhinein bestimmter Temperatur-Grad nie überschritten werden wird, so wären alle anderen Vorsichts-Maaßregeln überflüßig; aber wer nur ein einzigesmal gesehen hat, auf welche Art ein gewöhnlicher großer Ofen geheizt wird, wer beobachtet hat, in welchem Grade der Verbrennungs-Prozeß, ich sage nicht allein schon durch die Natur der Steinkohlen, sondern durch die Art

der Verkleinerung derselben, deren mehr oder weniger gleichförmige Vertheilung auf dem Roste, selbst durch zufällige atmosphärische Einflüsse, bedingt ist, der wird den Gedanken schnell aufgeben, in dem Feuerheerde die Mittel zu suchen, den Explosionen vorzubeugen.

Wir müssen also von der Annahme ausgehen, daß sich in einem völlig geschlossenen Kessel, dessen Dicke nicht ungeheuer wäre, (und wollte man in diesem Punkte eine gewisse Gränze überschreiten, so hätte man mit Schwierigkeiten von mehr als einer Art zu kämpfen,) von Zeit zu Zeit Dämpfe entwickeln werden, deren Spannkraft der Widerstands-Fähigkeit seiner Wände überlegen seyn wird. Und doch ist die Abwendung dieser Möglichkeit das einzige Mittel, Explosionen zu vermeiden.

Das von Papin erdachte Ventil scheint mit einem Male allen Schwierigkeiten abzuhelfen.

Dieses Ventil besteht, wie ich bereits auseinandergesetzt habe, in einer an dem oberen Theile des Kessels angebrachten Oeffnung, zum Beispiel von einem Centimetre ins Gevierte, gegen welche eine Metallplatte mit einem bestimmten Gewichte gepreßt wird. Ist es nicht augenscheinlich, daß diese Oeffnung so lange geschlossen bleiben wird, als der von den Dämpfen im Innern des Kessels auf einen Centimetre ins Gevierte ausgeübte Druck geringer seyn wird, als das Gewicht, mit welchem das Ventil belastet ist, mit Hinzufügung des atmosphärischen Druckes, und daß, sobald der Druck von Innen überwiegend wird, die Platte gehoben werden und dem Dampfe einen freien Ausweg gestatten muß.

Wir wollen nun nachforschen, wie es zugehe, daß ein so vernünftig ersonnenes, so einfaches und leicht auszuführendes Mittel nicht unfehlbar sey.

Die Platte des Ventils wird in dem Augenblicke gehoben, wo das Gewicht, mit welchem sie belastet ist, geringer wird, als der Druck des Dampfes; aber um jede Vermehrung der Spannkraft im Kessel zu verhindern, ist dieses Heben der Platte allein nicht hinreichend. Es muß ferner der Dampf bei dieser Oeffnung wenigstens in demselben Maaße entweichen, als er sich reproducirt. Der Abgang des Dampfes ist durch die

Weite der Oeffnung bedingt; allein diejenige Oeffnung, welche für gewöhnliche Fälle allen Anforderungen Genüge leistet, kann vielleicht viel zu klein seyn, wenn außerordentliche Umstände eine fast gleichzeitige Verwandlung einer beträchtlichen Menge Wassers in Dämpfe herbeiführen. In diesem Falle wird durch das Ventil das Uebel verringert, aber demselben nicht vorgebeugt; es verhält sich damit, um mich eines gewagten Vergleiches zu bedienen, wie mit einem Strom-Bette, welches in gewöhnlichen Zeiten die Wassermasse vollkommen faßt, während nach einem Gewitter seine Ufer viel zu enge werden. Wenn nicht Schwierigkeiten in der Ausführung und die ungeheuren Gewichte, welche man zu Hülfe nehmen müßte, gewisse Gränzen setzen würden, so wäre es am gerathensten, Ventile mit sehr großen Oeffnungen anzubringen. Ohne jedoch ins Extreme zu gehen, könnte man, wie mir scheint, immerhin zugeben, daß man sich bisher an zu kleine Dimensionen gehalten hat. Die Richtigkeit dieser Behauptung wird insbesondere von denjenigen nicht angefochten werden, welche sich an die merkwürdigen, ganz neuerlich beobachteten Erscheinungen beim Ausströmen von Flüßigkeiten bei kleinen Oeffnungen erinnern wollen. Man hat wirklich die Erfahrung gemacht, daß eine freischwebende, sehr leichte Platte senkrecht gegen den, bei einem kleinen Loche eines Dampfkessels von sehr hohem Drucke ausströmenden Dampf gehalten, nicht immer zurückgestoßen wird. Sobald die Platte auf eine sehr geringe Distanz von dieser Oeffnung entfernt ist, so ist sie zu gleicher Zeit der Einwirkung des Dampfes, welcher sie zu entfernen strebt, und dem Drucke der atmosphärischen Luft, welcher eine entgegengesetzte Wirkung ausübt, ausgesetzt; aber indem sich diese beiden Kräfte an einer gewissen Stelle das Gleichgewicht halten, so ist die Platte, wie in der Luft aufgehängt, in einer völligen Unbeweglichkeit. Ich kann hier nicht untersuchen, wie es zugeht, daß der Dampf bei seinem Ausströmen eine so ungeheure Kraft-Verminderung erleidet, daß der bloße Druck der Atmosphäre hinreicht, dem, was davon übrig bleibt, das Gleichgewicht zu halten; ich will nur, als auf ein Factum, darauf aufmerksam machen, daß dasselbe bei der Platte des Ventils eintreten, und daß also in

dem Augenblicke, wo sie sich öffnen wird, bei weitem weniger Dampf ausströmen werde, als man sich vorstellt, wenn man auf einen Strahl von der Dicke der durch die Platte verschlossen gewesenen Oeffnung rechnet.

Hr. Element, welcher diese Erscheinungen mit einer ganz eigenen Sorgfalt studirt hat, suchte hierin den Grund, in letzter Instanz alle Ventile mit beweglichen Platten zu verwerfen. Dieses Verdammungs-Urtheil dürfte zu unbedingt erscheinen; aber immer bleibt es richtig, daß das theilweise Aufheben der Platte den Maschinisten eine neue Schwierigkeit in den Weg legt, und daß dieser Umstand, so wie diese Ventile bisher construirt sind, zum Theil mit als Ursache der Explosionen angesehen werden kann.

Gehen wir auf Schwierigkeiten anderer Art über.

Nach den bestehenden Gesetzen muß in Frankreich jeder gußeiserne Kessel, bevor er gestempelt wird, zur Probe einen innerlichen Druck aushalten, welcher fünfmal größer ist, als derjenige, welcher für den beabsichtigten Gang der Maschine berechnet ist, und dieser Probedruck wird von dem Fünffachen auf das Dreifache herabgesetzt, wenn der Kessel von Kupfer oder von gehämmertem oder gestrecktem Eisen ist. Diese Anforderung scheint übermäßig zu seyn und erregt auch oft Reklamationen von Seiten der Werkmeister; wir werden jedoch gleich sehen, daß selbst hiedurch noch bei weitem keine vollkommene Garantie hergestellt werde.

Ich habe bereits bemerkt, wie diese Proben angestellt werden; es wird genügen, hier noch beizufügen, daß dieselben bei der gewöhnlichen Temperatur des Kessels angestellt werden. Aber bei dieser Temperatur haben die Metalle weit mehr Festigkeit, als wenn sie heftig erhitzt sind. Nähert man sich dem Zustande des Glühens, so wird die Abnahme ungeheuer. Versuche, welche Hr. Tremery angestellt hat, haben z. B. gezeigt, daß die Festigkeit des Schmiede-Eisens, wenn es bis zum dunkeln Rothglühen erhitzt wird, nur den sechsten Theil von jener des kalten Eisens betrage. Wenn also unglücklicher Weise ein Theil des Kessels bis zum Rothglühen erhitzt würde, so wäre man der Gränze des Zerspringens sehr nahe, ohne daß das Ventil sich

öffnet, und obwohl man sich nach den im unerhitzten Zustande angestellten Versuchen von dieser Gränze noch sehr entfernt glauben sollte.

Aber warum, wird man sagen, stellt man nicht eine vollkommen entscheidende Probe an? Warum versetzt man den Kessel nicht unter dieselben Bedingungen, unter welchen er später zu wirken hat? Warum, mit einem Worte, wird bei den Proben der Druck nicht durch Dampf, sondern vermittelst des Wassers ausgeübt? Man wird hierauf antworten, daß mit Hülfe einer Pumpe der Versuch allenthalben, selbst in der Werkstatt des Verfertigers, mit sehr wenigen Zurüstungen und Kosten angestellt werden kann; daß hingegen, wenn man die Probe mittelst Dampf anstellen wollte, für jeden Kessel ein eigener Ofen eingerichtet werden müßte und ein ziemlich großes Lokale erforderlich wäre, und daß die Industrie allenthalben gelähmt ist, wo man ihr solche Fesseln anlegt. Auch müssen wir beifügen, daß die bei der Probe mit der Pumpe Gegenwärtigen fast gar keine Gefahr laufen, selbst dann nicht, wenn der Kessel springt, was sich ganz anders verhielte, wenn er, statt mit Wasser, mit Dämpfen erfüllt wäre. Die Vorkehrungen, welche man in diesem letzteren Falle treffen müßte, um die Experimentirenden sicherzustellen, würden die Schwierigkeiten dieser vorläufigen Versuche und die Kosten, welche sie mit sich bringen, beträchtlich vermehren. Es werden daher diese Proben mit Wasserdruck, ungeachtet der bereits bemerklich gemachten und noch weiter anzuführenden Mängel wahrscheinlicher Weise fort und fort die Oberhand behalten.

Wenn man auf die Wände eines Kessels mittelst einer Druckpumpe einwirkt, so wird ein successives Zunehmen des innerlichen Druckes in fast unmerklichen Abstufungen statt finden. Man versichert sich aber auf diese Weise durchaus nicht über die Widerstands-Fähigkeit dieser Kesselwände, im Falle einer plötzlichen heftigen Aenderung; aber derlei Aenderungen können allerdings statt haben, wenn der Kessel wirklich in Thätigkeit gesetzt wird.

Soll ich erst erwähnen, daß die in der Werkstatt des Erzeugers mit einem neuen Kessel angestellte Probe nur über dessen

derzeitige Festigkeit einen Beweis liefert, keineswegs aber darüber Beruhigung gewährt, was er nach einigen Wochen, nach einigen Monaten fortwährender Arbeit seyn wird, wenn die verschiedenen Temperaturen, welchen der Kessel inzwischen unterworfen war, das Metall nach allen Richtungen gezerrt, den Zusammenhang der Atome geschwächt, der Rost ihn angefressen haben wird ꝛc. ꝛc.?

Aus dem bisher Gesagten ist ersichtlich, daß, ungeachtet der zweckmäßigen Beschaffenheit und des guten Zustandes der Sicherheits-Ventile es nicht unmöglich ist, daß ein Kessel platze:

1) weil die Oeffnung des Ventils nicht weit genug seyn kann, um dem Dampfe einen hinreichenden Ausweg zu gewähren, welcher sich plötzlich und in reichlichem Maaße erzeugt hätte;
2) weil der Kessel nur eine kalte Probe bestanden hat, und bei Erhitzung, vorzüglich wenn die Wände eine sehr hohe Temperatur erlangen, die Cohäsions-Kraft des Metalles sehr vermindert wird;
3) weil eine plötzliche Erhöhung der Spannkraft des Dampfes allerdings das Zerreißen des Kessels bewirken kann, wo ein höherer Druck, der aber nach und nach gesteigert wird, von keinem Unfalle begleitet gewesen wäre; und
4) endlich, weil der Kessel, wenn er der Einwirkung des Feuers ausgesetzt ist, ziemlich schnell abgenützt wird, und nach Verlauf einiger Monate in Activität dessen Festigkeit oft sehr verringert ist.

Die Sicherheits-Ventile mögen noch so gut seyn, so darf dennoch der Werkmeister nicht unterlassen, seinen Kessel von Zeit zu Zeit einer Probe zu unterziehen; er muß durch alle in seiner Gewalt befindlichen Mittel die jähen Aenderungen in der Spannkraft der Dämpfe zu vermeiden, und endlich zu verhindern suchen, daß irgend ein Theil der Wände eine zu hohe Temperatur erlange.

Ich habe bei alle dem vorausgesetzt, daß das Ventil in gutem Stande sey, und in der That scheint es auf den ersten Blick gar nicht denkbar, daß so eine einfache Vorrichtung in Unordnung gerathen solle; wenn man jedoch bedenkt, daß die bewegliche Platte oft rostet, daß sie hiedurch und vorzüglich,

wenn sie längere Zeit gar nicht in Activität kam, einen starken Zusammenhang mit dem Theile der Wand, gegen welchen sie gedrückt wird, erlangt, so wird man begreifen, daß sie bei einem weit höheren Drucke geschlossen bleibt, als welchen der Werkmeister als Normaldruck, bei welchem ein Entweichen des Dampfes statt finden solle, festgesetzt hat. Hr. Maudsley, dessen Geschicklichkeit und hohe Erfahrenheit wohl bekannt sind, sagte, daß ein Sicherheits-Ventil diesen Namen nicht mehr verdiene, so bald es eine ganze Woche lang nicht in Thätigkeit war; auch sah man bei mehreren seiner Kessel einen Strick angebracht, welcher dem Heitzer zur Hand war, und welcher dazu diente, von Zeit zu Zeit das Ventil aufzuheben. Man ist sogar so weit gegangen, diese Bewegung vermittelst mehrerer Hähne zu bewirken, welche durch die Maschine selbst in Gang gebracht wurden; wenn jedoch der Kessel von der Maschine etwas entfernt ist, so ist dieses Mittel nicht anwendbar.

Die Operation des Heitzens ist gewöhnlich bloßen Tagwerkern anvertraut, welche gar keine Vorsicht kennen und sehr oft die Ventile überlasten, sey es, um bei einlaufenden Klagen die Arbeit zu beschleunigen, sey es, was oft genug geschieht, um ihre Unerschrockenheit zu zeigen. Dieser Gefahr, der größten vielleicht, welche man zu befürchten hat, auszuweichen, soll man immer bei jedem Kessel zwei Ventile anbringen, deren eines frei zugänglich, von dem Heitzer allemal in Thätigkeit gesetzt werden soll, so bald es sich um ein Auslassen des Dampfes handelt, das andere aber unter einem Gegitter gehalten werde, wozu nur der Werkmeister oder der Eigenthümer der Maschine den Schlüssel hat. Die Anwendung der doppelten Klappe wurde fast einstimmig von all den vielen Technikern anempfohlen, welche bei der Untersuchung vom Jahre 1817 vor die Committée des Unterhauses berufen wurden; in Frankreich sind sie durch eine königliche Ordonnanz strenge vorgeschrieben. Vielleicht könnte man auch vorschreiben, daß jeder Kessel mit einer einfachen und bequem angebrachten Vorrichtung versehen werde, vermittelst welcher der Heitzer von Zeit zu Zeit sich überzeugen könne, ob das Ventil keine Adhärenz erlangt habe. Wer einige Male Werkstätten besucht hat, dem ist es wohlbekannt, daß die

Arbeiter sich schwerlich zu einer etwas mühevollen regelmäßigen Verrichtung bequemen, welche nicht controlirt werden kann.

Leichtflüssige Platten.

Sobald es einmal ausgemacht war, daß gewöhnliche Ventile mancherlei Störungen unterworfen sind, daß sie kein unfehlbares Präservativ gewähren, so hat man vorgeschlagen, sie durch eine Vorrichtung ganz anderer Art zu ersetzen, deren Wirksamkeit niemals ungewiß seyn kann. Dieß sind die bereits erwähnten Ventile von einer leicht flüßigen Legirung.

Um den Nutzen dieser Ventile wohl einzusehen, muß man wissen, daß es zwar möglich ist, daß der Wasserdampf eine sehr hohe Temperatur haben und doch wenig Spannkraft besitzen könne, daß es aber im Gegentheile niemals möglich ist, daß eine hohe Ausdehnsamkeit bei niederem Temperaturstande statt finde.

Die Physiker haben durch Versuche bestimmt, bei welchem Minimum von Temperatur der Dampf den Druck von ein, zwei, drei, zehen 2c. Atmosphären erlangen (dem 1 — 10fachen Luftdrucke gleichkommen) kann. Mit Hülfe dieser Resultate wird man im Stande seyn, zu bestimmen, welchen Thermometer-Grad die Temperatur des Dampfes niemals übersteigen darf, wenn man einmal entschieden hat, daß ein gewisser Druck nicht überschritten werden soll.

Wenn man also an einer Oeffnung des Kessels eine Platte aus einer Legirung von Blei, Zinn und Wismuth anbringt, deren Mischungs-Verhältniß so bemessen ward, daß sie bei dem als Gränze bestimmten Temperatur-Grade schmilzt, so scheint es unmöglich, daß diese Temperatur jemals überschritten werde; denn sobald dieser Grad erreicht ist, muß diese eingesetzte Platte herabschmelzen und dem Dampfe freien Ausweg gestatten.

In Frankreich ist durch eine königliche Ordonnanz anbefohlen, daß jeder Kessel mit zwei schmelzbaren Platten von ungleicher Größe versehen sey. Der Schmelzpunkt der kleineren ist um 10 ° höher bemessen als die Temperatur, welche, unter der Voraussetzung, daß der Kessel mit Dämpfen gesättiget ist, zur Verrichtung des gewöhnlichen Dienstes der Maschine hinreichend

ist. Die zweite Platte schmilzt bei einer um 10° höheren Temperatur, als die erste.

Obwohl man verschiedene Fälle anführen kann, in welchen die schmelzbaren Ventile aller Wahrscheinlichkeit nach Explosionen verhindert und großen Unglücksfällen vorgebeugt haben, so werden sie von den Maschinisten doch nur zwangsweise angewendet, und sie würden die gewöhnlichen Ventile weit vorziehen, mit welchen übrigens ihre Maschinen ebenfalls versehen seyn müssen. Wir wollen die gegen diese Ventile erhobenen Einwürfe prüfen.

Man bringt erstlich vor, daß, indem diese Platten nur von der Hitze, keineswegs aber von dem Drucke angegriffen werden, sie auch alsdann schmelzen können, wenn sehr heiße, übrigens aber gar keinen heftigen Druck ausübende Dämpfe darauf einwirken; allein wenn man die Umstände ins Auge faßt, unter welchen allein derlei heiße, aber unkräftige Dämpfe vorhanden seyn können, so sieht man leicht ein, daß dieser von mangelnder Sättigung mit Feuchtigkeit herrührende Zustand des Dampfes im Innern des Kessels lediglich bei Abgang des Wasser-Vorrathes eintreten kann, und deshalb ein Theil der Kesselwände sehr heiß, vielleicht sogar glühend geworden ist, allein dann steht eine Explosion bevor; dieser erste Einwurf scheint daher hiemit zu zerfallen.

Die Platte kommt nicht zum Schmelzpunkte, ohne sich vorher etwas zu erweichen; es ist daher zu erwarten, daß sie bereits bei einem bei weitem geringeren Drucke, als für welchen das Schmelzen berechnet ist, wegen diesem Weichwerden platzen wird. Bei der ursprünglichen Einrichtung trat dieser Uebelstand wirklich ein, allein seitdem man diese Platte mit einem metallenen Netze mit ziemlich engen Maschen umgiebt, bevor man sie mit Bolzen in die Röhre hineintreibt, welche sie schließen soll, ist diese Schwierigkeit verschwunden. Es bilden sich wohl noch hie und da einige Auflockerungen, wenn man sich dem Schmelzpunkte nähert; es geschieht jedoch, wie die Erfahrung zeigt, erst ganz nahe bei dem Schmelzpunkte, daß die Platte nachgiebt, in die Höhe geschnellt wird, und dem Dampfe einen freien Ausweg verschafft.

Wenn die schmelzbare Platte verschwunden ist, entweicht aller Dampf bei dem Loche, welches durch dieselbe verstopft war. Die Zeit, welche erforderlich ist, um denselben wieder zu ersetzen, den Kessel von Neuem zu füllen und zu erhitzen, kann beträchtlich seyn, und doch muß während dieser ganzen Zeit alle Bewegung stocken. Auf einem Dampfboote, in der Nähe der Küste, und vorzüglich in dem Augenblicke, als man in einen Hafen einfahren soll, würde das plötzliche Ausbleiben der bewegenden Kraft die schlimmsten Unfälle herbeiführen. Diese Schwierigkeit ist von Gewicht und sehr begründet, sie ist vielleicht die wahre Ursache, warum unsere Nachbarn (die Engländer) die schmelzbaren Ventile nicht adoptirt haben und noch immer die gewöhnlichen Klappen-Ventile vorziehen. Diese lassen in der That niemals allen Dampf entweichen. Oeffnen sie sich, so geschieht es nur, weil der Druck des Dampfes eine gewisse Gränze überschritten hat; indem sie sich aber nothwendigerweise wieder schließen, sobald die durch das theilweise Ausströmen des Dampfes verminderte Spannkraft innerhalb der von dem Maschinisten zuvor bestimmten Gränzen zurückgetreten ist, so kann die bewegende Kraft bei Anwendung dieser Ventile niemals ganz ausgehen.

Die Verfechter der schmelzbaren Ventile rechneten unter die hauptsächlichsten Vortheile derselben auch die Unmöglichkeit, deren Wirksamkeit zu stören. „Mit dieser Art von Ventilen“ sagten sie, „ist man vollkommen gegen die Unvorsichtigkeit der Arbeiter geschützt.“ Es ist sehr wahr, daß alles Ueberlasten des Ventils, im buchstäblichen Sinne genommen, hier unnütz wäre, aber wenn die Heitzer die Feuerung ungewöhnlich antreiben wollen, so wissen sie sehr richtig dem Schmelzen des Ventils durch dessen beständiges Uebergießen mit kaltem Wasser vorzubeugen, so daß von dieser Seite dadurch nichts gewonnen seyn dürfte.

Dünne Platten.

Jedes Sicherheits-Ventil, das Papin'sche sowohl als das schmelzbare, ist, Alles wohl überlegt, nichts anderes, als das absichtliche Anbringen eines schwächeren Theiles an den Kessel-

Wänden. Man hat vorgeschlagen, dieses künstliche Schwächen gewisser Theile dadurch zu bewirken, daß man kleine, zu diesem Zwecke ausgesparte Löcher mit Platten von gestrecktem Metall verdeckte, deren Dicke dergestalt zu bemessen wäre, daß sie bei einem einfachen, doppelten, dreifachen bis zehnfachen atmosphärischen Drucke springen, je nachdem man beschlossen hätte, zur Arbeit keinen höheren Druck, als den von zwei, drei, vier bis eilf Atmosphären anzuwenden. (Der von Außen nach Innen, mithin in entgegengesetzter Richtung auf den Kessel ausgeübte wirkliche atmosphärische Druck muß hievon abgezogen werden, wenn es sich um Bestimmung des wirklichen Druckes handelt, welchen eine solche Platte unter diesen Umständen auszuhalten hat.) Es ist klar, daß das Springen einer so kleinen und dünnen Platte niemals großes Unheil anrichten kann.

Dieses Auskunfts-Mittel, so trefflich es auch zu seyn scheint, ist dennoch selten angewendet worden, sey es, weil es nicht so leicht ist, durch Versuche für jede Weite der Oeffnung diejenige Dicke der Metallplatte auszumitteln, welche bei diesem oder jenem vorhinein bestimmten Drucke das Springen der Platte nach sich zieht; sey es, weil man sich nicht darauf verlassen kann, immer ganz gleichartige Platten zur Disposition zu haben. Die dünne Platte, sobald nur überhaupt die rechte eingesetzt ist, ist allerdings weniger als die schmelzbare Platte den Willkührlichkeiten der Arbeiter ausgesetzt; man könnte sie zwar schwächen, aber niemals besser aushalten machen, worauf es eigentlich ankommt. In dieser Rücksicht sind sie auch den letzteren vorzuziehen; aber unglücklicherweise leiden sie an demselben Gebrechen, daß sie nämlich allen Dampf ausströmen lassen, wenn sie zerspringen.

Das Manometer als Sicherheits-Ventil.

Das Manometer, (ein dem Barometer ganz analoges Instrument, jedoch mit weit längerer Röhre, in welcher das Quecksilber nicht nach Maaßgabe des Luftdruckes, sondern im Verhältniß der Spannkraft des Dampfes im Kessel steigt,) leistet auch die Dienste eines Sicherheits-Ventils; ja es ist selbst in dieser Eigenschaft sowohl dem gewöhnlichen als dem schmelz-

baren Ventile weit vorzuziehen. Das gewöhnliche Ventil läßt uns über die verhältnißmäßige Spannung völlig in Unwissenheit, so lange es sich nicht öffnet, und ebenso die schmelzbare Platte, so lange sie nicht schmilzt. Der Heitzer erfährt plötzlich, daß man schon bei der Grenze des Druckes angelangt sey, welche nicht überschritten werden soll, ohne daß er vorher einen Fingerzeig hatte, daß man sich diesem Punkte nähere. Das Manometer im Gegentheil giebt ihm jeden Augenblick das Maaß der Spannkraft des Dampfes; es spricht ebenso deutlich, wenn ich so sagen darf, bei geringem als bei starkem Drucke.

Die Platte des gewöhnlichen Ventils kann ihre Beweglichkeit ganz verloren haben, ohne daß man es wisse; da hingegen, wenn es sich ereignen sollte, daß die Röhre des Manometers durch Verunreinigung verstopft würde, die völlige Unbeweglichkeit des Quecksilbers es augenblicklich andeuten würde: es ist nämlich einleuchtend, daß in einem so großen Behältnisse, als ein Dampf-Kessel ist, und aus dem der Dampf ruckweise ausgelassen wird (nämlich in den Pumpenraum), die Elasticität keinen Augenblick constant bleiben könne. Aber sobald die Verbindung des Dampf-Kessels und des Manometers nicht gestört ist, wird jedes Schwanken der Dampfkraft ein Schwanken der Quecksilber-Säule mit sich führen.

Die Druckmesser mit Quecksilber müssen also als die besten Sicherheits-Ventile angesehen werden, welche bisher erfunden worden sind, vorausgesetzt, daß die Säule eine hinreichende Dicke habe. In allen Fällen also, in welchen die Anwendung desselben nicht wegen der bei einem sehr hohen Drucke erforderlichen, übermäßigen Länge unausführbar ist, kann man sie als ein ganz verläßliches Präservativ gegen jene Unfälle ansehen, welchen durch die am besten construirten gemeinen Ventile oder durch die leichtflüssigen Platten vorgebeugt wird. Der Leser wird den Grund dieser Einschränkung einsehen, sobald ich im Nachfolgenden gezeigt haben werde, daß es Fälle giebt, bei welchen die Ursache der Explosion in dem Aufheben des Ventils liegt.

Ventile nach Innen oder Lufteinlaß-Klappen; deren Gegenstand.

In dem Augenblicke, als man Feuer unter dem Kessel anzündet, ist der darin vom Wasser freigelassene Raum mit atmosphärischer Luft erfüllt. Diese Luft geht, vermischt mit den sohin entstehenden Dämpfen, nach und nach in die Dampf-Maschine über, welche vom Kessel aus versorgt wird, und nach einiger Zeit wird auf diese Art alle Luft entwichen seyn. Setzen wir bei diesem Stande der Dinge voraus, daß die Arbeit unterbrochen werde, und man das Feuer ablöscht; so wird der Dampf sich allmählig niederschlagen, in dem Maaße, als die Abkühlung weiter fortschreitet, und nach einiger Zeit wird statt des mit Dämpfen erfüllten ein leerer Raum vorhanden seyn. Dann wird der Kessel mit dem ganzen Gewichte der atmosphärischen Luft von außen nach innen gepreßt werden, ohne daß gegen diesen Druck ein Gegendruck von innen statt hat. Wenn das Niederschlagen des Dampfes allmählig vor sich geht, so scheint aus dieser Veranlassung kein Unfall entstehen zu können, indem die Wände der allerschwächsten Kessel einen Probedruck von wenigstens fünf Atmosphären aushalten müßten, welcher freilich von innen nach außen gerichtet war. Dagegen kann allerdings ein bedenkliches Ereigniß stattfinden, wenn der Niederschlag des Dampfes plötzlich geschähe: z. B. wenn eine Einspritzung kalten Wassers stattfände; dann würde sich die Wirkung der Atmosphäre im Augenblicke des urplötzlich aufgehobenen Gegendruckes in Gestalt eines auf alle Punkte der Kessel-Wände zugleich gerichteten erschütternden Stoßes äußern und ohne Zweifel einen jener früher beschriebenen Unfälle durch Eindrücken des Kessels bewirken.

Um dieser Art von Unfällen vorzubeugen, hat man die inwendigen Ventile oder Lufteinlaß-Ventile erfunden. Dieses Ventil kann nur von außen nach innen aufgehen, und es wird durch eine Spiral-Feder im Innern des Kessels, welche kaum das eigene Gewicht des Ventils zu tragen vermag, nach außen gedrückt; oder es ist nach außen an einem Hebel gleichsam horizontal aufgehängt, so daß die Platte im Kessel gerade vor

der Oeffnung schwebt, welche sie schließen soll. Bei dieser Vorrichtung kann der Druck des Dampfes nicht geringer werden, als der Druck der Atmosphäre, ohne daß alsogleich das Ventil herabgelassen wird und die äußere Luft einläßt; dergestalt, daß, wenn die Arbeit eingestellt wird, kein Entstehen eines leeren Raumes zu besorgen ist. Ich möchte nicht geradezu behaupten, daß hiedurch auch allem Eindrücken der Kessel-Wände vorgebeugt wird, denn diese Zufälle begleiten, wie wir gesehen haben, nur ein plötzliches beträchtliches Nachlassen der Spannkraft des Dampfes. Die schrittweise Abhülfe eines Ventils kann in solchen Fällen zwar das Uebel vermindern, aber nicht verhindern. Gegen diese Gattung von Unfällen giebt es nur ein einziges Mittel, es besteht darin, die größte Sorgfalt auf das Unterhalten des Dampfes zu verwenden, und zu vermeiden, daß keine plötzliche Abkühlung in der mit Dampf erfüllten Abtheilung des Kessels stattfinde, was z. B. begegnen könnte, wenn eine große Quantität kalten Wassers über die Kesselwände gegossen würde.

Ganz auf diese Weise ließe sich das Zusammendrücken der von innen geheitzten Kessel erklären, wenn wir das plötzliche Entstehen eines leeren Raumes in dem kleinen Cylinder nachweisen könnten; aber nachdem dieser Cylinder keine Dämpfe einschließt, sondern nur als Heerd und Kamin der Maschine dient, so wäre man vielleicht sehr schwer darauf verfallen, wie in demselben ein leerer Raum entstehen könne, wenn nicht die bei der Explosion in den Mold-Mines stattgehabten, besonderen Umstände darauf geleitet hätten.

Man wird sich erinnern, daß im Momente der Katastrophe die Heitzthüre offen war, die Zuglöcher des Rauchfanges aber geschlossen worden waren, daß nach dieser letztern Operation eine heftige Flamme aus dem Ofen gegen die Werkstatt herausgeschlagen habe und die Explosion unmittelbar hierauf gefolgt sey.

Da die Heitzthüre offen war, so konnte sicher kein lebhafter Verbrennungs-Proceß stattfinden, und der Luftzug, welcher, so lange die Löcher noch offen waren, durch den Rauchfang abzog, konnte daher keine wesentliche chemische Beimischung enthalten. Als dann die Zuglöcher geschlossen wurden, strömte keine frische Luft mehr zu, aber die bereits darin vorräthige

konnte nicht entweichen, und weil die Kohlen noch nicht abgelöscht waren, so mußte die fortwährend hiebei sich entwickelnde Gasart mit dieser zurückgehaltenen atmosphärischen Luft sich vermischen, und die hiedurch entstehende Mischung mußte bald zu einem solchen Verhältnisse gesteigert werden, daß sie brennbar wurde; sie entzündete sich daher, entwich als Flamme ganz und gar bei dem einzigen offen gelassenen Auswege, und in einem Augenblicke mußte der kleine Cylinder, wenn auch nicht so völlig luftleer, wie die Pumpenräume des Hrn. Brown nach dem darin vorgenommenen ganz ähnlichen Verbrennungs-Processe, geworden, doch nur mit einer außerordentlich verdünnten Luft erfüllt seyn.

Ich müßte mich sehr irren, wenn diese Erklärung des Hrn. John Taylor nicht den Schlüssel zu den häufigen Erdrückungen abgiebt, welchen die kleinen Cylinder in den Kesseln ausgesetzt sind. Man muß daher, wenn man diese Art von Vorrichtung wählt, sich hüten, die Zuglöcher des Rauchfangs früher zu schließen, als die Kohlen ganz abgelöscht sind. Kleinliche ökonomische Rücksichten dürfen hier nicht überwiegen, wenn eine so augenscheinliche Gefahr droht, und diese Gefahr kann, wie man einsehen wird, auch nicht durch die bei den gewöhnlichen Kesseln angewendeten, innwendigen Ventile vermieden werden.

Erklärung der Explosionen, welchen das Oeffnen des Sicherheits-Ventils oder ein Nachlassen in der Elasticität des Dampfes vorausgeht.

Wie kommt es, daß ein Kessel in dem Augenblicke selbst zerspringt, als man das Sicherheits-Ventil öffnet? Wie geht es unter andrem zu, daß derlei Unfällen beinahe immer ein scheinbares Nachlassen der Elasticität des Dampfes vorausgegangen ist?

Dieß sind die zwei wichtigen und, so zu sagen, paradoxen Fragen, welche durch mehrere früher aufgeführte Fälle der Art hervorgerufen werden. Hr. Perkins hat denselben eine, wie mich dünkt, sehr gelungene Lösung gegeben, der Leser mag

übrigens selbst hierüber urtheilen, denn es ist die Theorie dieses Technikers, welche im Nachstehenden entwickelt wird.

In einem gewöhnlichen Kessel, bei welchem die Flamme nicht höher hinaufschlägt, als das Niveau, bis zu dem er mit Wasser gefüllt ist, wird dieses Wasser und der aus demselben sich entwickelnde Dampf genau dieselbe Temperatur haben. Ganz anders verhält es sich, wenn nur ein spärlicher Wasservorrath im Kessel vorhanden ist und die Flamme sehr hoch schlägt; dann können einige Theile des Kessels bis zum Rothglühen erhitzt werden; dann wird der mit dem glühenden Metalle in Berührung kommende Dampf ebenfalls ungeheuer erhitzt werden, ohne deßhalb einen sehr starken Druck auszuüben, sey es, weil er nicht gesättigt ist, oder aus einer anderen Ursache, welche ich weiter unten berühren werde.

Stellen wir uns den Kessel in diesem Zustande vor. Der Wasser-Vorrath darin ist nicht ergiebig vorhanden, und die gegen dessen Wände drückenden Dämpfe besitzen, bei einer sehr hohen Temperatur, nur geringe Elasticität; setzen wir voraus, daß das Sicherheits-Ventil sich völlig öffne, ein rasches Entweichen von Dämpfen wird die Folge davon seyn. Das von dem Druck desselben plötzlich befreite Wasser wird in einem schäumenden Aufbrausen den ganzen Kesselraum erfüllen: es wird dieselbe Erscheinung seyn, welche der Champagner darbietet in dem Augenblicke, als die Bouteille entkorkt wird; aber hier wird das in einem mit beinahe glühendem Gas erfüllten Raume in kleinen Bläschen aufsteigende Wasser sich plötzlich in sehr ausdehnsame Dämpfe verwandeln; das wenn gleich geöffnete Ventil wird keinen hinreichenden Abzug darbieten, und die Wände des Kessels müssen zerreißen. In dieser Erklärung stehen drei Hypothesen. Der Verfasser setzt erstlich voraus, daß die Kesselwände, in so weit das Wasser nicht an dieselben hinanreicht, eine sehr hohe Temperatur erlangen und dieselbe den eingeschlossenen Dämpfen mittheilen könne, ohne daß das Wasser, über welchem diese Dämpfe ruhen, wesentlich davon afficirt werde. Er nimmt ferner an, daß das kochende Wasser bis auf eine gewisse Höhe als Schaum aufwärts treibe, sobald man die gasförmige elastische Schichte, welche darauf drückt,

entfernt oder auch nur beträchtlich vermindert, vorausgesetzt, daß dieser Wechsel schnell vor sich gehe; endlich ist er der Ansicht, daß das also unter eine mit Wärmestoff überladene Dampf-Masse verspritzte Wasser sich selbst augenblicklich in Dämpfe verwandelt.

Ich glaube, Jedermann wird den ersten Punkt zugeben. Wenn ein metallenes Gefäß, das einem Gluthfeuer ausgesetzt ist, nicht selbst glühend wird, so kommt es daher, weil das Wasser die den Wänden zugeführte Wärme beständig ableitet und dadurch verhindert, daß sich dieselbe anhäuft. Der Dampf kann diese Wirkung offenbar nicht in gleichem Maaße leisten. Wenn die Flamme des Heerdes den Kessel an einer über dem Wasserrand gelegenen Stelle trifft, so wird diese Stelle rothglühend werden und diese Hitze der daranstoßenden Dampfschichte mittheilen, welche hiedurch aufsteigt, und so wird nach und nach der ganze im Kessel befindliche Dampf in Circulation gesetzt und die so hohe Temperatur in dem ganzen über dem Wasser befindlichen Raume oder der Dampf-Kammer verbreitet werden. Hier folgen Beispiele von derlei Fällen. Hr. Moyle traf einmal bei der Visitation seiner Maschinen zu Cornuaille eine derselben so völlig in dem eben entwickelten Zustande, daß eine hölzerne Leiter, welche auf dem Deckel des Kessels aufstand, Feuer fieng. Ein ähnliches Ereigniß begab sich auf einem Paquetboote, welches von Liverpool nach Dublin übersetzte. Ein Brett von Fichtenholz, welches zufälliger Weise auf dem Deckel des Kessels auflag, entzündete sich: ich habe das Ereigniß von Pittsburg bereits gemeldet. Wie man sich erinnern wird, wußte der Werkmeister bereits seit längerer Zeit, daß einer der Kessel sich röthete. Hier folgt über denselben Gegenstand ein hierüber eigens angestellter Versuch Hrn. Perkins'.

Ein cylindrischer Kessel, 4 englische Fuß lang und 1 Fuß im Durchmesser, war senkrecht über einem Heerde angebracht, auf welchem ein Feuer angefacht wurde, dessen Flammen bis zum Drittel der Höhe des Kessels schlugen, während das Wasser darin niedriger stand und nur bis zum sechsten Theile der Höhe reichte. Bei diesem Stande der Dinge waren also $^2/_6$ der Oberfläche des Gefäßes der unmittelbaren Einwirkung des Feuers

ausgesetzt. Eines dieser Sechstel war über, das andere unter dem Wasserrande. Das Sicherheits-Ventil, ungefähr mit dem Drucke einer Atmosphäre belastet, war seitwärts am Kessel ungefähr in der halben Höhe angebracht. Man ersetzte das Wasser in dem Verhältnisse, als es in Dampf verwandelt und durch dieses Ventil abgeleitet wurde.

Ein in das Wasser getauchtes Thermometer, welches bis an den Boden des Gefäßes hinabreichte, zeigte nur 104 ° Celsius. Dieses war auch die Temperatur der unmittelbar über der Oberfläche des Wassers gelagerten Dampfschichte; aber in der halben Höhe des Kessels gab das Thermometer eine Temperatur von 260 °, und der Deckel war rothglühend.

Nachdem wir diesen ersten Punkt in's Reine gebracht haben, wollen wir zum zweiten übergehen.

Es giebt Flüssigkeiten, welche während des Kochens manchmal sehr heftigen Wallungen und Stößen nach aufwärts ausgesetzt sind. Dieß ist z. B. bei der Schwefelsäure der Fall. Die Milch ist denselben Zufällen unterworfen. Wenn man lebhaft kochendes Wasser aufmerksam beobachtet, so wird man von Zeit zu Zeit kleine Tröpfchen wahrnehmen, welche in die Höhe geschnellt werden. Diese Erscheinung richtet sich augenscheinlich nach der Klebrigkeit der Flüssigkeit und nach der Schwierigkeit, welche die in derselben entstehenden Dampf-Bläschen finden, sich durch die Masse der Flüssigkeit durchzuarbeiten. Wenn diese zurückgehaltenen Bläschen sich sehr anhäufen und ein gegen die Oberfläche der Flüssigkeit ausgeübter heftiger Druck ihr Aufsteigen zurückhält, so wird man begreifen, daß wenn dieser Druck plötzlich aufhört, das Freiwerden derselben, anstatt wie gewöhnlich nach und nach vor sich zu gehen, tumultuarisch stattfindet, daß die Flüssigkeit wie moussirende Wasser schäumen, ja ganz und gar in eine Art Schaum übergehen wird, welcher eine Mischung aus Dampf und Wasser darstellt, und welcher wegen des hiedurch bedeutend vergrößerten Volumens den ganzen Raum des Kessels einnehmen wird. Ein in einem durchsichtigen Gefäße deßhalb eigens angestellter Versuch würde alsbald zeigen, innerhalb welcher Grenzen diese Behauptungen gelten; indessen sehen wir, daß wir mit Hrn. Perkins zu dem Schlusse per

analogiam berechtigt sind, daß eine plötzliche Verminderung des von dem Dampfe auf die Oberfläche des Wassers ausgeübten Druckes zur Folge haben kann, daß letzteres über das frühere Niveau steigt und den ganzen inneren Kesselraum erfüllt.

Um auf die dritte Hypothese des amerikanischen Technikers, nämlich die plötzliche Umwandlung des Wassers in elastische Dämpfe, zu kommen, so will ich folgenden von ihm selbst besonders darüber angestellten Versuch zum Leitfaden nehmen.

Nachdem Hr. Perkins einen jener metallenen Cylinder, welche er Generator nennt, mit Wasser gefüllt hatte, erhitzte er denselben auf 260 ° Celsius. Neben diesem Generator war ein Recipient angebracht, in welchem weder Wasser noch Dampf sich befand, und der auf eine Temperatur von 650 ° erhitzt wurde. Diese beiden Gefässe konnten durch eine Röhre in Verbindung gesetzt werden, welche ein hinreichend belastetes Ventil für gewöhnlich absperrte.

Bei diesem Stande der Dinge bewirkte er vermittelst einer Druckpumpe die Einspritzung einer bestimmten Quantität kalten Wassers an einem Ende des Generators; hiedurch mußte am andern Ende das Ventil an der Communications-Röhre sich öffnen und eine gleiche Menge heißen Wassers in den Recipienten einlassen, welche daselbst in Dampf verwandelt werden sollte; aber ein besonderes Ventil, das am Recipienten selbst angebracht war, setzte ihn in Stand, zu erkennen, ob diese Umwandlung plötzlich vor sich gieng.

Hr. Perkins versichert, daß sie wirklich augenblicklich stattfand; denn kaum hatte er die Druckpumpe wirken lassen, so zeigte das Sicherheits-Ventil am Recipienten auch schon auf einen Druck von vierzig bis hundert Atmosphären: vierzig bei einer mäßigen, hundert bei einer reichlichen Einspritzung.

Der eben berichtete Versuch würde weiter nichts zu sagen übrig lassen, er würde die Theorie Hrn. Perkins' verwirklichen und ein getreues Abbild dessen geben, was im Inneren eines gewöhnlichen Kessels vor sich gehen kann, wenn er bei einer Temperatur des Wassers von 100 — 120 ° Celsius angestellt worden wäre. Da übrigens ein auf 260 ° erhitztes Wasser sehr weit davon entfernt ist, einem Drucke von 100 Atmo-

sphären zu entsprechen, so bleibt es demungeachtet ausgemacht, daß ein Theil dieses Wassers fast augenblicklich in Dampf umgewandelt wurde, das ist aber vor der Hand Alles, was wir zu wissen brauchen.

Immerhin müssen wir jedoch bemerken, daß aus dem dargestellten Versuche auf keine Weise hervorgeht, daß es die Einwirkung des verdünnten, aber bis zur Temperatur des rothglühenden Eisens erhitzten Dampfes sey, wodurch das Wasser augenblicklich in sehr ausdehnsame Dämpfe verwandelt wird. Dieser Punkt der Perkins'schen Ansicht würde, wie Hr. Dulong bemerkt hat, mit dem, was man bisher über die specifische Wärme der Wasser-Dämpfe in Erfahrung gebracht hat, schwer zu vereinigen seyn. Es ist also aller Grund zu glauben, daß Hr. Perkins darin irrig ist, daß er den direkten Einfluß der glühenden Kesselwände bei den von ihm angestellten Versuchen nicht zugeben will.

Wir wollen nun sehen, ob wir, von der plötzlichen Entstehung des Dampfes, als einem Faktum, ausgehend, eine genügende Erklärung der außerordentlichen Erscheinungen geben können, welche ich im Vorhergehenden angeführt habe.

Was die Explosion des Kessels Hrn. Gensoul's betrifft, so schließt sie sich so vollkommen den Ideen des Hrn. Perkins an, daß sie eigens zur Bestätigung derselben stattgefunden zu haben scheint. Man kann in der That behaupten, daß in dem Augenblicke, als das Ventil sich öffnete, das von einem großen Theil des bisherigen Druckes befreite Wasser bis an den Deckel aufbrausen konnte, und daß es hiedurch mit den aller Wahrscheinlichkeit nach sehr erhitzten Kesselwänden in Berührung gebracht, sowie es in dem Recipienten des Perkins'schen Generators der Fall war, so plötzlich in Dämpfe verwandelt ward, daß die Oeffnung des Hahnes keinen genügenden Ausweg hiefür darbot.

Dasselbe Raisonnement wird auch auf die Versuche der Hrn. Tabareau und Mey angewendet werden können, denn nachdem ihr Kessel sehr klein und unmittelbar über ein Kohlenfeuer angebracht war, so konnten, wie ich mich überzeugt habe, die Flammen auch jene Stellen erreichen, welche über dem Wasser befindlich waren. Wenn wir, Hr. Dulong und ich, keine

Vermehrung der Dampf-Kraft nach dem Oeffnen des Ventils wahrgenommen haben, so erklärt sich dieß daraus, weil unsere Dampf-Kammer ziemlich groß, die Oeffnung des Ventils aber sehr klein war, und daher die Verminderung des auf das Wasser ausgeübten Druckes bei'm Oeffnen des Ventils unmerklich und allmählig vor sich gieng, und weil auf alle Fälle unser Kessel sorgfältig über einem gemauerten Heerde in der Art angebracht war, daß nur der mit Wasser gefüllte Theil desselben der Flamme ausgesetzt war.

Das einige Zeit vor den Explosionen sowohl zu Essone, als in Paris und Amerika wahrgenommene Nachlassen im Gange der Maschine scheint sich ebenfalls aus der Theorie Hrn. Perkins folgerecht ableiten zu lassen. Man hat in der That beobachtet, daß damals, als die Explosionen statt hatten, durch irgend einen Fehler der Wasserzuleitungs-Pumpe, oder wegen Verstopfung der Zuleit-Röhre, der Wasserstand sehr herabgesunken war; aber nachdem die Menge des in einer bestimmten Zeit erzeugten Dampfes im Allgemeinen der mit der Flüssigkeit in Berührung stehenden Metallfläche proportionirt ist, so mußte, wenn ursprünglich alles gerade nach dem Verbrauche zureichend berechnet war, nach der Verminderung der geheitzten Fläche, wie sich die Maschinisten ausdrücken, der nunmehr erzeugte Dampf nicht zureichen, dem Apparate seine gewöhnliche Nahrung zuzuführen. Vielleicht wird man sich vorstellen, daß dieser Abgang durch die erhöhete Temperatur, welche der Dampf an den sehr heißen oberen Wänden des Kessels erlangen wird, compensirt werde, aber eine sehr einfache Betrachtung wird lehren, daß man auf eine derlei Wirkung irriger Weise rechnen würde. In einem geschlossenen Gefäße muß der Dampf offenbar gegen alle Punkte einen gleichen Druck ausüben. Die Spannkraft der unteren Dampfschichte, welche mit dem Wasser in Berührung steht, wird durch die Temperatur der Flüssigkeit bestimmt; die Elasticität der oberen Dampfschichten, welche von den rothglühenden Wänden erhitzt werden, kann folglich auch niemals höher werden, als jene der unteren Schichten. Folglich wird der Kessel im Ganzen mit Dämpfen von geringerer Kraft erfüllt seyn, als welche dem gesättigten Dampfe von der-

selben Ausdehnbarkeit eigen ist; das ist aber auch Alles, was dießfalls behauptet werden kann.

Nach der Ansicht Hrn. Perkins' hätte der Dampf in dem der Explosion vorausgehenden Momente, das ist: in dem Augenblicke, als das Sicherheits-Ventil sich öffnet, jenen Grad von Spannkraft erreicht, unter welchem die Maschine ordentlicher Weise arbeiten soll; demungeachtet müßte der Gang des Stempels noch immer ziemlich träge seyn; denn nachdem der Dampf viel heißer seyn wird, als die Wände des Pumpenraumes, in welchen er eingelassen wird, so wird er eines großen Theils seiner Kraft durch Niederschlag verlustig werden.

Es wäre, glaube ich, ein ganz vergebliches Unternehmen, aus der eben entwickelten oder irgend einer andern Theorie die Natur der Linien, welchen entlang ein Kessel zerreißen wird, die Gestalt und Zahl der Bruchstücke, die Richtung, in welcher sie geschleudert werden ꝛc., ableiten zu wollen. Alle diese Erscheinungen können tausendfältig durch Umstände modificirt werden, welche selbst dann schwer zu fassen und in Anschlag zu bringen wären, wenn dieß Ereigniß sich allmählig vor unsern Augen entwickeln würde. Es trifft sich jedoch zu häufig, daß die Linie, nach welcher der Bruch vor sich geht, regelmäßig und horizontal ist, als daß man nicht auf den Gedanken verfallen sollte, sie zeige die Höhe des Wasserstandes an den Kesselwänden an, und nun wird die Untersuchung merkwürdig, wie es zugehe, daß ungeachtet der häufig beobachteten ungleichen Dicke der Wände diese Grenze des Wasserstandes dadurch allein, daß dieser Rand von der Flüssigkeit beschrieben wird, zugleich die schwächste Stelle wird. Die Erklärung dieses auffallenden Umstandes dürfte in Folgendem liegen:

In dem untheilbaren Augenblicke, welcher der Explosion vorausgeht, wird die Spannkraft des Dampfes beträchtlich und plötzlich vermindert, dem entsprechend muß eine Tendenz der Kesselwände, von außen nach innen nachzugeben, sich einzubiegen, stattfinden; aber weil diese Bewegung momentan vor sich gehen müßte, so wird ein wirkliches Einwärts-Biegen der Wände an dem mit Wasser gefüllten Theile nicht stattfinden, indem die verhältnißmäßige Trägheit und Unverschiebbarkeit der Flüs-

sigkeit in einem so verschwindenden Zeittheile nicht überwunden werden kann.

Dieses Biegen von außen nach innen wird also rings um den inneren Rand der Flüssigkeit, wie an einer Charnier, stattfinden; aber wir haben gehört, daß nach dem Oeffnen des Ventils eine plötzliche Entwicklung von sehr kräftigen Dämpfen vor sich gehe; also wird der Kessel, nachdem er eingedrückt worden ist, unmittelbar darauf wieder ausgedehnt werden. Wollte man aber auch zugeben, daß diese letztere Wirkung gleichmäßig auf alle Stellen des Kessels stattfinden werde, so wird die Gegenwirkung an den unter dem ursprünglichen Wasser-Spiegel gelegenen Punkten schon darum unbedeutend seyn, weil die vorausgegangene Bewegung auch einwärts an diesen Stellen aufgehoben worden ist. Der ursprüngliche Wasser-Spiegel wird also an den Wänden des Kessels nicht nur jene Linie bezeichnen, unterhalb welcher das anfängliche Beugen von außen nach innen nicht mehr fühlbar war, sondern auch zugleich die einzige Linie seyn, welcher entlang die angrenzenden Punkte des Kessels an dem Zurückbiegen keinen Antheil nehmen. Aber es genügt, nur einmal gesehen zu haben, mit welcher Leichtigkeit die Metall-Arbeiter Platten von den streckbarsten Metallen brechen, wenn sie dieselben vorher an einer Linie rasch hin und wieder gebogen haben, um einzusehen, daß der Ring, welcher durch den Wasserrand im Kessel bezeichnet wird, in so ferne er zugleich die Charnier ist, an welcher die beiden Bewegungen vor sich gegangen sind, in der Regel auch die Bruchlinie beim Zerreißen des Kessels seyn wird, obwohl sie, wie bei der Explosion zu Lyon, nach der Dicke der Wände nicht an allen Punkten auch die Stelle der geringsten Widerstands-Fähigkeit ist. Eben diese Linie ist übrigens, was nicht übersehen werden darf, auch zugleich diejenige, welche den Kessel in zwei Abschnitte von sehr verschiedener Widerstands-Fähigkeit scheidet, indem oberhalb des Wassers die größte Erhitzung des Metalles anfängt.

Ich habe im Eingange dieses Abschnittes auf das fast gleichzeitige Zerspringen von mehreren, zum Betrieb derselben Maschine verwendeten Kesseln als auf ein sehr bemerkenswerthes Ereigniß aufmerksam gemacht; wir müssen nunmehr die Ursache

hievon erforschen. Sie dürfte jedoch nicht schwer aufzufinden seyn, wenn man mit Hrn. Perkins annimmt, daß beinahe allen Explosionen ein sehr tiefer Wasserstand im Kessel und eine außerordentliche Erhitzung seiner Wände vorausgehe. Ist man nicht berechtigt, zu behaupten, daß diese Bedingungen sich gewöhnlich bei allen Kesseln zugleich einstellen werden? Denn einerseits ist es dieselbe Pumpe, welche alle mit Wasser versorgt, und andrerseits ist es natürlich, daß, sobald der Gang der Maschine nachläßt, die Arbeiter das Feuer in allen Oefen lebhaft anfachen. Dieß vorausgesetzt, nehmen wir an, daß ein Kessel nach vorläufigem Oeffnen des Ventils berste. Die Röhre, vermittelst welcher der Dampf aus diesem Kessel in die Pumpe gelangte, mündet sich nunmehr in die freie Luft; aber von jedem Kessel steigt eine solche Röhre auf, und alle münden sich in dieselbe Hauptröhre ein. Durch diese Verbindung erhält daher der zweite, dritte ꝛc. Kessel ebenfalls einen Ausweg in die freie Luft; der Dampf, mit welchem sie geladen waren, entweicht reißend schnell bei diesem weiten Kanale, und in einem Nu vereinigen sich auch hier dieselben Bedingungen, welche das Zerreißen des ersten Kessels veranlaßt haben, ohne daß man zu der Annahme genöthigt wäre, daß alle Ventile fast in demselben Augenblicke aufgestoßen worden seyen.

Ich habe auch von einem Kessel Meldung gethan, welcher in der Luft explodirte. Allem Anschein nach hatte sich auch bei der Explosion zu Lochrin der Kessel auf eine Höhe von 12 — 15 englischen Fuß über die gemauerte Unterlage gehoben. Obwohl diese Erscheinung sich mit gleicher Leichtigkeit an die verschiedenen Theorieen anzuschließen scheint, welche man zu Erklärung der Explosionen aufgestellt hat, und sie daher keinen Anhalts-Punkt abgiebt, diese Theorieen besser zu würdigen, so wird es dennoch von Interesse seyn, zu erfahren, wie die Theorie Hrn. Perkins' ganz ungezwungen sich diesem Phänomene anpassen läßt.

Man war sehr irrig, als man die Behauptung aufstellte, daß ein aus gehämmerten Platten zusammengesetzter Kessel nothwendigerweise an seiner Stelle bleiben müsse, er möge auf was immer für eine Weise zerreißen. Dieser Irrthum, in welchen

zum Beispiel kürzlich die Erzeuger des tragbaren Gases verfallen sind, könnte zu großen Unfällen Anlaß geben. Es ist ganz richtig, daß ein völlig geschlossenes Gefäß, es mag mit Gas von beliebiger Elasticität gefüllt seyn, vollkommen ruhig bleiben müsse, weil nämlich alsdann der auf jeden Punkt der Hülle ausgeübte Druck vollkommen durch den ganz gleichen Gegendruck aufgehoben wird, welcher auf einen entgegengesetzten Punkt ausgeübt wird. Durch die Wirkung des Druckes gegen den oberen Theil des Gefäßes entsteht ein Streben des Gefäßes nach aufwärts, und es würde bei gehöriger Energie dieses Druckes wirklich aufsteigen, wenn man die Wirkung der völlig gleichen Kraft vernichten könnte, welche gleichzeitig die untere Gefäßwand nach abwärts drückt. Nun wird aber Jedermann einsehen, daß, sobald diese untere Wand selbst plötzlich von dem oberen Theile gerissen wird, hiedurch auch die Wirkung dieser Kraft, deren Stützpunkt sie war, für den oberen Theil wirklich vernichtet sey. Die durch keine Gegenwirkung aufgehobene Kraft, welche in allen, dem eben besprochenen analogen Fällen eine Bewegung erregt, ist die sogenannte Kraft durch Reaction (Rückwirkung). Es ist zum Beispiel eine Kraft dieser Art, welche die Raketen in die Luft steigen macht; denn die bei Entzündung des Pulvers sich entwickelnde Luft findet eine Wand, gegen welche sie nach der Spitze der Rakete zu einen Druck ausüben kann, während diese Wand nach unten zu gegen die Basis des Kegels mangelt.

Dieß vorausgeschickt, werden einige Worte hinreichen, es deutlich zu machen, wie nach den Ideen des Hrn. Perkins ein Kessel in die Luft steigen kann.

Nach der Ansicht dieses Mechanikers ist eine gewaltige Entladung des Dampfes immer die Vorläuferin der Explosionen. Geht diese Entladung an dem Ventile vor sich, welches gewöhnlich oben am Deckel angebracht ist, so wird die rückwirkende Kraft, weit entfernt, den Kessel heben zu wollen, ihn vielmehr noch stärker gegen seine Unterlage drücken; aber wenn das Entweichen des Dampfes von oben nach abwärts durch einen Riß in dem unteren Theile des Kessels statt findet, so kann derselbe allerdings nach der entgegengesetzten Richtung in

die Luft geschleudert werden, denn er ist alsdann denselben Bedingungen unterworfen, wie eine Rakete. Es braucht hiezu nichts weiter, als daß der Dampf eine hinreichende Spannkraft besitze. Hier will ich nur noch bemerken, daß die Schwankungen der Flüssigkeit im Kessel, welche in Folge dieser außerordentlichen Zerrüttung eintreten, unabhängig von den bereits früher entwickelten Ursachen, unfehlbar die plötzliche Erzeugung eines Uebermaaßes von Dämpfen herbeiführen werden, in Folge welcher die Explosion eintritt.

Die Theorie Hrn. Perkins' giebt also, wie man gesehen hat, genügende Rechenschaft über alle Explosionen, deren verschiedene Umstände ich nur zusammenbringen konnte, insoferne denselben ein Nachlassen in der Spannkraft des Dampfes vorausgegangen ist. Da sie überdieß aus der Physik keine Hypothese entlehnt, welche die Wissenschaft verwerfen müßte, so hat man, wie mir scheint mit allem Grund, von nun an, wenn auch nicht sie als untrüglich anzusehen, doch wenigstens alle Vorsichts-Maaßregeln anzuwenden, welche sie eingiebt. Diese Regeln sind sehr einfach:

Man hat auf alle mögliche Weise, zum Beispiel durch leichtflüssige Platten, vorzubeugen, daß der Kessel niemals rothglühend, oder überhaupt zu heftig erhitzt werde.

Man hat folglich die größte Aufmerksamkeit sowohl auf die zur Versorgung des Kessels mit Wasser bestimmten Vorrichtungen, als auch auf diejenigen zu verwenden, mittelst welcher man den jedesmaligen Wasserstand erkennen kann.

Wenn ungeachtet aller Sorgfalt des Maschinen-Führers der Kessel an einigen Stellen glühend geworden seyn sollte, so hat man alles plötzliche Oeffnen der Ventile, oder diesem verwandte Operationen zu vermeiden, bei welchen ein schneller Abzug der vorräthigen Dämpfe in die Atmosphäre statt finden würde.

Endlich wird man das Feuer möglichst schnell abzulöschen haben.

Vergleichung der Perkins'schen Erklärungsart mit jener, welche andere Techniker vorgebracht haben; neue Ursachen von Explosionen.

Obwohl ich die Ideen, welche man Hrn. Perkins hinsichtlich der gefährlichen Explosionen zu danken hat, denen die Dampfkessel, ungeachtet des guten Standes des Sicherheits-Ventils, nur zu oft unterworfen sind, sehr umständlich und in günstigem Lichte dargestellt habe, so bin ich doch weit entfernt, diese Erklärungsart als so einleuchtend anzusehen, daß man darüber gar keinen Zweifel hegen könne, und die ganze Frage als erschöpft zu betrachten sey. Ich will daher hier eine denselben Gegenstand betreffende Uebersicht geben, welche ich aus den mir zugänglich gewesenen gedruckten und handschriftlichen Werken geschöpft habe, und zugleich mehrere besondere Veranlassungen zu Explosionen andeuten, von welchen dieser amerikanische Werkmeister keine Erwähnung gemacht hat. Somit werde ich die mir gestellte Aufgabe gelöst haben; sie gieng dahin, eine möglichst vollständige Zusammenstellung alles dessen zu liefern, was bisher über diese beklagenswerthen Unfälle ausgemacht worden ist. Jene, welche sich berufen fühlen werden, dieselbe zu erweitern, werden also wissen, von welchem Punkte sie auszugehen haben.

Hr. Marestier, einer unserer geschicktesten Schiffsbaumeister, hat für die besondere Art von Explosionen, welche Hr. Perkins zum Gegenstande seiner Untersuchungen gemacht hat, eine Theorie aufgestellt, welche einige Aehnlichkeit mit jener des Letzteren hat; über Einen Punkt weichen sie jedoch wesentlich in ihren Meinungen von einander ab.

Hr. Marestier, so wie Hr. Perkins, nehmen an, daß einige Augenblicke vor der Explosion das Wasser im Kessel auf die Neige geht; daß die Theile der Wände, welche nach der Construction der unmittelbaren Einwirkung des Feuers ausgesetzt sind, von Wasser entblößt seyen; daß sie dadurch eine sehr hohe Temperatur erlangen und selbst glühend werden können; daß im Augenblicke des Oeffnens eines Ventils oder eines zufälligen Entweichens von Dämpfen der Wasserspiegel auf die

bereits erklärte Weise steige, sey es in Folge eines durch den verringerten Druck herbeigeführten gewaltsamen Aufbrausens, sey es wegen des Einwärtsbiegens der Kesselwände bei vermindertem Drucke, wodurch nothwendig eine Verringerung des Volumens bewirkt wird. Hr. Marestier setzt weiter voraus, daß das auf diese Weise gehobene Wasser durch die Berührung mit demjenigen Theile der Kesselwände, welcher durch die Flammen glühend geworden ist, sich plötzlich und zwar in so reichem Maaße in Dämpfe verwandelt, daß das Sicherheits-Ventil dessen Uebermaaß nicht abzuleiten vermag. Auf Dampfbooten sind auch die Schwankungen des Kessels, welche durch große Wogen verursacht werden, mit als eine Veranlassung anzusehen, wodurch das Wasser über die glühenden Kesselwände geleitet wird.

Man wird sich erinnern, daß Hrn. Perkins zufolge das unter die sehr heißen, aber unausgiebigen Dämpfe verspreute Wasser als die Ursache einer plötzlichen heftigen Dampf-Entwicklung anzusehen wäre; während nach Marestier die Berührung des Wassers mit den glühenden Wänden es seyn soll, welche mit einem Male einer so ungeheuren Dampfmasse die Entstehung giebt. Es kann in der That auf den ersten Blick keine Erklärung vernunftgemäßer erscheinen, als diese letztere Voraussetzung; allein beim Studium von Natur-Erscheinungen darf man, wie Fontenelle bemerkt, nie vergessen, „daß, sobald eine Sache sich auf zweierlei Art auffassen läßt, gewöhnlich der Gesichtspunkt der wahre ist, welcher allen Anschein gegen sich hat." Es trifft sich wirklich, so wunderlich es auch scheinen mag, daß ein beinahe zum Weißglühen erhitztes Metall sehr ungeeignet zu seyn scheint, Dämpfe zu entwickeln. Läßt man in der That einen Tropfen Wasser in ein glühendes Metallgefäß fallen, so dauert es eine geraume Zeit, bis er ganz in Dampf aufgegangen ist, während er in demselben Gefäße bei mittelmäßiger Erhitzung augenblicklich verschwindet.

Bei einem zu Klaproth angestellten Versuche, den ich hier anführen will, brauchte ein Tropfen Wasser, den man auf einen hellglühenden eisernen Löffel fallen ließ, 40 Sekunden, um in Dampf verwandelt zu werden. Ließ man hierauf, als

der Löffel sich schon etwas abgekühlt hatte, einen zweiten Tropfen darauf fallen, so fand das völlige Verdampfen schon nach 20 Sekunden statt. Der Tropfen, welcher nach der Verdünstung des zweiten auf den Löffel fiel, verschwand in 6 Sekunden; ein vierter Tropfen in 4 Sekunden; ein fünfter in 2 Sekunden; der sechste endlich verdampfte im Nu.

Ungeachtet dieser sonderbaren Erfahrungen bin ich nichtsdestoweniger, wie ich bereits bemerkt habe, der Meinung, daß die unmittelbare Einwirkung der glühenden Wände des Kessels bei der Umwandlung des Wassers in Dämpfe, welche eine Explosion herbeiführt, die Hauptrolle spielen dürfte; allein man erkennt, daß Hr. Marestier zur vollständigen Begründung seiner Theorie zu erklären hätte, warum das Wasser im Kessel sich ganz anders verhält, als die kleinen Tropfen in den Versuchen zu Klaproth. Zeigte sich zum Beispiel, daß ein mit Gewalt gegen die glühende Metallfläche angeworfener Wassertropfen augenblicklich verdampfe, so wären alle Zweifel augenblicklich verschwunden, und die Explosion des glühenden Kessels zu Pittsburg erschiene als keine Anomalie, für welche man neue Ursachen aufzufinden hätte. Uebrigens muß ich zum Schlusse noch bemerken, daß Hr. Perkins und Hr. Marestier nur über Einen Punkt der Theorie differiren. Nachdem das Factum der plötzlichen Verwandlung des Wassers in Dämpfe durch die Versuche des Ersteren bestätiget und von dem Letzteren ebenfalls angenommen wird, so liegt rücksichtlich der dagegen zu treffenden Sicherheits-Maaßregeln wenig daran, ob die glühenden Wände, wie Hr. Perkins voraussetzt, mittelbar, oder, wie Hr. Marestier annimmt, unmittelbar diese Umwandlung bewirkt haben. Nach der Hypothese des Einen wie des Andern wird das Rothwerden der Kesselwände, oder wenn dieser Fall bereits eingetreten wäre, alles plötzliche Oeffnen der Ventile zu verhüten seyn.

Hr. Gensoul, dessen Name so ehrenvoll an die Fortschritte der Lyoner Industrie geknüpft ist, erklärt die Unfälle, welche öfters durch plötzliches Oeffnen der Ventile herbeigeführt werden, ganz anders, als die Herren Perkins und

Marestier. Hier folgt ein Abriß der Ideen dieses erfahrenen Praktikers:

Wenn ein metallenes Gefäß mit einer sehr stark comprimirten Flüssigkeit gefüllt ist, so genügt es, gegen dessen Wände einen schwachen prellenden Schlag zu führen, um es zerspringen zu machen, während eine selbst sehr beträchtliche Vermehrung des Druckes es nicht zu sprengen vermocht hätte, wenn sie allmählig und ohne Erschütterung vor sich gegangen wäre. Dieß ist eine ganz ausgemachte Sache; Hr. Gensoul glaubt davon auch eine Anwendung auf die Dampfkessel machen zu können. Nach seiner Vorstellungsart soll bei diesen großen Gefäßen, wenn deren Wände durch die Kraft des Dampfes einem heftigen Drucke von innen nach außen ausgesetzt sind, der geringste Prellstoß genügen, sie zerspringen zu machen; so wie es der Fall wäre, wenn sie mit einer heftig zusammengepreßten Flüssigkeit gefüllt wären; einer Erschütterung vergleicht er aber den Druck, welchen diejenige Stelle des Kessels erleidet, an deren gegenüberliegendem Punkte der Dampf plötzlich einen freien Ausweg gefunden hat. Ist es zum Beispiel das am Deckel angebrachte Ventil, welches plötzlich geöffnet wird, so wird der Boden des Kessels den Rückprall verspüren, der Gegenstoß wird an der rechten Wand statt finden, wenn der Dampf an der linken entwichen ist u. s. w.

Gegen diese sinnreiche Erklärung lassen sich mehrere Zweifel erheben. Erstlich ist es nicht so ganz klar, daß, unter Voraussetzung eines gleichen innerlichen Druckes, zwei Gefäße, deren eines mit Wasser und das andere mit Dampf angefüllt ist, durch einen Stoß gleichen Schaden nehmen werden; die Unzusammendrückbarkeit der Flüssigkeit kann hiebei wirklich wesentlich seyn. Zum zweiten setzt Hr. Gensoul voraus, daß vor der Explosion der im Kessel enthaltene Dampf eine sehr hohe Elasticität besitze; und wir haben im Gegentheile gesehen, daß derlei Unfälle öfters gerade dann sich ereignen, wenn der langsame Gang der Maschine völlige Sicherheit zu versprechen scheint. In dieser Rücksicht ist also seine Erklärungsart mindestens unvollständig. Bei alledem kann man nicht leugnen, daß in allen Fällen eines plötzlichen Bruches am Kessel die

Rückwirkung des Dampfes eine wichtige Rolle spielen werde, wie der einsichtsvolle Maschinist von Lyon bemerkt hat. Ich selbst habe früher, als vom Aufsteigen des Kessels in die Luft die Rede war, jene Art der Unfälle angezeigt, welche gewöhnlich durch eine solche Rückwirkung verursacht wird. Manche, welche durch die Gewalt und Blitzesschnelle der die Explosionen von Dampfkesseln begleitenden Wirkungen in Erstaunen versetzt wurden, haben sich überredet, daß der bloße Dampf hier nicht allein im Spiele seyn könne, und haben die explodirenden Gasarten zu deren Erklärung mit herbeigezogen. Warum, sagen sie, wenn in den chemischen Laboratorien das Wasserstoffgas mittelst Durchleiten von Dämpfen durch eine glühende Röhre erzeugt wird, warum soll sich eben dieses Gas nicht auch im Innern des Kessels erzeugen, wo der Dampf auch manchmal mit glühenden Metallwänden in Berührung kommt? Auf diese Weise, wir geben es zu, ist es allerdings möglich, daß sich Wasserstoffgas erzeuge. Mit den Dämpfen vermengt, wird es in die Pumpe übergehen; aber weil von einem Niederschlag desselben im Condensator keine Rede seyn kann, so wird es nur sehr schwer und mit großem Dampf-Verlust hinauszuschaffen seyn, und daher die Wirksamkeit der Maschine um Vieles verringern. Ich will überdieß zugeben, daß hierin mit die Ursache des langsamen Ganges der Maschinen liegen mag, welche bei der Art von Unfällen, womit wir uns gegenwärtig befassen, gewöhnlich der Explosion voranzugehen pflegt. Aber wie kann das Zerreißen des Kessels selbst mit dieser Gasart zusammengebracht werden? Das Hydrogen-Gas für sich allein, oder mit Wasserdampf vermengt, wird niemals verpuffen. Eine Verbindung von Oxygen- und Hydrogen-Gas unter schicklichen Mischungs-Verhältnissen ist von einer Verpuffung begleitet; aber wie kämen diese beiden Gasarten im Kessel zusammen? Das Hydrogen-Gas war das Resultat der Oxydation der Kesselwände, woher käme also das freie Oxygen, da es, gerade um das Hydrogen entstehen zu machen, mit dem Metalle eine Verbindung eingehen mußte? Vielleicht, wird man sagen, von der im Wasser-Vorrathe enthaltenen atmosphärischen Luft. Hierauf antworte ich jedoch, daß das Wasser im Kessel heiß ist, daß

es dann eine sehr geringe Quantität Luft enthalte, und daß überdieß diese Luft nach Maaßgabe, als sie frei wird, mit den Dämpfen in die Pumpe übergeht. Ueber dem allen bemerke ich noch zum Schlusse, daß der in der Luft enthaltene Sauerstoff weit eher als der in den Wasserdämpfen gebundene mit den glühenden Kesselwänden eine Verbindung eingehen wird, und daß also, wenn ja eine Vermengung von Gasarten im Kessel statt finden soll, es nicht aus Hydrogen und Oxygen, sondern aus Hydrogen und Azot (Stickstoff) bestehen würde. Aber selbst wenn diese Einwürfe gegen das wirkliche Vorhandenseyn der erstgenannten beiden Gasarten beseitigt werden könnten, so wäre man um nichts weiter gekommen. Ein weißglühender Körper und der elektrische Funke sind in der That bisher die einzigen bekannten Vermittler, welche die beiden Grundstoffe des Wassers zu einer plötzlichen Verbindung bestimmen, und es sind doch häufig Kessel zersprungen, ohne jene Temperatur erreicht zu haben, durch welche demnach eine Verpuffung bedingt zu seyn scheint. Es bleibt also nur der elektrische Funke; wo sollte aber der herkommen? Es ist mir nicht unbewußt, daß in Amerika behauptet wurde, die Explosion des Dampfboots Entreprise in der Savannah sey durch eine elektrische Entladung, nämlich einen Blitzstrahl, veranlaßt worden, welche durch die aus dem Rauchfange aufsteigende Rauchsäule in den Kessel geleitet ward; aber auch vorausgesetzt, dieses Factum sey wahr, so folgt noch nicht, daß der Blitz im Kessel ein entzündliches Gas-Gemenge angetroffen und hiedurch die Explosion vermittelt habe, und daß er nicht vielmehr nur, nach seiner eigenthümlichen Art, Alles, was auf seinem Wege lag, mit Ungestüm in Stücke gerissen habe. Uebrigens kann ich den Anhängern des eben besprochenen Systemes zugeben, daß der elektrische Funke ausnahmsweise eine Explosion veranlaßt habe, daß hierin auch eine mögliche Ursache dazu liegen könne; aber ich finde es kaum glaublich, daß man diesem Agens im Ernst eine thätige Rolle, ich will nicht sagen bei allen, sondern auch nur bei dem hundertsten Theile von Explosions-Fällen einzuräumen gedenke.

Entmuthigt durch die Schwierigkeiten, im Kessel selbst

eine Vereinigung der beiden Gasarten, welche verpuffen sollten, nachzuweisen, haben einige Physiker die Meinung aufgestellt, daß nur die eine Gasart, nämlich das Hydrogengas, darin vorkomme, und daß erst nach einem in den Wänden entstandenen Risse dieses Gas sich mit der Luft über dem Heerde vermische, und explodire. Auf diese Weise wäre die Entzündung des Knallgases nicht zur primitiven Ursache des Platzens der Dampfkessel erhoben, sondern sie würde nur deren verheerende Wirkungen vergrößern; es wäre eine Explosion über dem Heerde, welche entweder den ganzen Kessel, oder dessen Bruchstücke und jene des zersprengten Ofens in die Luft schleudern würde. Ich wüßte hierüber nichts zu sagen, als daß mir keine einzige Explosion bekannt ist, von welcher man behaupten könnte, daß das im Kessel erzeugte Hydrogengas mit dazu beigetragen habe.

Nun wollen wir die Ansicht mehrerer Mechaniker prüfen, daß die verpuffenden Elemente sich auf dem Heerde selbst erzeugen und verderbliche Wirkungen hervorbringen können.

Sie führen an, daß das Kohlenwasserstoffgas sich aus den Steinkohlen destillire, wie es bei der Gas-Erzeugung geschieht, und das Hydrogengas könnte sich überdieß durch die Zersetzung des Wassers erzeugen, welches bei den Fugen der Kessel, wenn dieselben aus nicht völlig schließenden Platten zusammengesetzt sind, ausschwitzt und auf die Kohlen fällt. Was das Oxygengas betrifft, ohne welches kein Verpuffen statt findet, so wollen sie den hiezu erforderlichen beträchtlichen Antheil von dem Luftzuge entlehnen, welcher unzersetzt über dem Aschenheerde streicht.

Wenn man die lebhaften Flammen-Säulen gesehen hat, welche sich von Zeit zu Zeit an den höchsten Rauchfängen der Schmelzhütten zeigen, so kann man nicht zweifeln, daß sich dem Luftzuge öfters entzündliche Gasarten beimischen. Es wäre aber hinlänglich, daß in einem Winkel des Ofens sich eine solche Mischung verlegt hätte, um zu den gegründetsten Besorgnissen wegen dessen Entzündung Anlaß zu geben. Wenn die Entladung einigermaaßen heftig ausfällt, so dürften sie die Kesselwände in den seltensten Fällen aushalten und ganz bleiben.

Ich habe hiemit die Möglichkeit zugegeben, daß entzünd-

liche Mischungen im Ofen selbst entstehen können; ich muß noch beifügen, daß gewisse Unfälle offenbar nur diesem Umstande allein zugeschrieben werden können: ich meine jene Explosionen, welche unter solchen Dampf erzeugenden Kesseln statt gefunden haben, die nach oben völlig offen sind. Ich weiß durch Hrn. Gay-Lussac, daß ein Ofen der Salpeter-Raffinerie im Arsenal zu Paris erst kürzlich durch eine Explosion dieser Art ganz zerstört wurde; der Kessel war unversehrt geblieben.

Um dieser Art von Unfällen vorzubeugen, muß man so viel wie möglich die auf- und absteigenden Wendungen bei den Rauch-Ableitungs-Röhren vermeiden; denn es ist vorzugsweise in diesen Biegungen, wo sich explodirende Mischungen ansammeln können. Auch ist darauf zu sehen, daß die Zuglöcher des Rauchfangs sich niemals luftdicht schließen, wovon bereits früher die Rede war.

Um endlich zu verhindern, daß die Steinkohle nicht am Ende zersetzt werde, ohne zu verbrennen, muß man durch das Gegitter des Rostes die Luft gehörig streichen lassen. Wenn die Steinkohle harzig und klebrig ist, so fügen sich die einzelnen Stücke zusammen und bilden eine für die Flamme fast undurchdringliche Kruste, sobald die Lage sehr dick ist. Der Heerd ist dann in einen leibhaftigen Destillier-Apparat umgewandelt und erzeugt sehr viel Kohlenwasserstoffgas, aber sehr wenig Hitze. Den Rost mit dünnen Lagen von Steinkohlen zu bedecken, ist daher nicht nur eine ökonomische Rücksicht, es ist auch eine sehr wesentliche Sicherheits-Maaßregel. Die Heitzer, welche aus Trägheit den Ofen mit Brennstoff vollstopfen, schaden dem Gange der Maschine, setzen dieselbe den schlimmsten Unfällen aus und gefährden ihr eigenes Leben; man kann sie daher nicht sorglich genug überwachen.

Nunmehr habe ich die mir gestellte Aufgabe beinahe gelöst; es erübrigt nur noch, eine endliche Veranlassung zu Explosionen anzuführen, welche nicht unbeachtet gelassen werden darf.

Es ist sehr selten, daß das zur Versorgung des Kessels verwendete Wasser rein sey. In den meisten Fällen wird das Wasser salzige Bestandtheile aufgelöst enthalten, welche durch den Sud sich zu Boden setzen, und endlich die innern Wände

des Kessels mit einer steinartigen Kruste bedecken, deren Dicke jeden Tag zunimmt. So lange diese Kruste nicht existirte, ward die vom Metalle aufgenommene Wärme sehr schnell vom Wasser absorbirt, und dieser Theil der Kesselwände konnte sich daher niemals beträchtlich erhitzen; aber sobald ein schlechter Wärmeleiter, wie es alle steinartigen Substanzen sind, das Wasser von der inneren Kesselwand scheidet, so wird durch diesen Mittelkörper die Wärme nur sehr langsam an das Wasser abgegeben; die Metallwände aber, welche von dem Feuerheerde in jedem Augenblick einen größeren Zuwachs an Wärmestoff erhalten, als der steinige Beschlag abzuleiten vermag, müssen eine immer steigende Temperatur erlangen und gelangen manchmal bis zum Rothglühen; allein dadurch wird nicht nur ein sehr großer Wärme-Verlust herbeigeführt, sondern es steht dann auch, bei der geringen Festigkeit der glühenden Metalle, eine Explosion bevor. Man wird überdieß ohne Schwierigkeit begreifen, daß das verhältnißmäßig sehr kalte Wasser durch eine zufällig entstehende Spalte der Kruste mit der darunter befindlichen glühenden Kesselwand plötzlich in Berührung komme, in welchem Falle ein Kessel von Gußeisen augenblicklich zerreißen würde; die Kessel von gehämmerten Platten aber würden unter diesen Umständen, wenn auch nicht völlig weichen, doch sehr verdrießliche Risse bekommen. Ich füge nur noch bei, daß jene Stellen, welche glühen, sehr schnell rosten und zu Grunde gehen. Ich könnte zum Beispiel anführen, daß der Kessel, welcher zur Heitzung eines der größten Denkmäler der Hauptstadt bestimmt war, an seinem unteren Rande an der Stelle durchlöchert gefunden wurde, wo ein Arbeiter aus Versehen einen Lumpen liegen gelassen hatte.

Man sieht, von welcher Wichtigkeit es ist, daß der Kessel rein gehalten werde. In den Dampfbooten, welche Meerwasser gebrauchen, muß die Salzkruste längstens alle 24 Stunden abgelöst werden. Ist ganz reines Wasser verwendet worden, so hat diese Arbeit nur in langen Zwischenräumen zu geschehen. Man kann hierüber keine allgemeinen Regeln aufstellen. Der Maschinen-Führer wird sich durch die Erfahrung überzeugen, auf welche Art und mit welcher Schnelligkeit sich die salzigen Be-

standtheile des Wassers, welches er anzuwenden genöthigt ist, zu Boden setzen. Seitdem man weiß, daß das Satzmehl der Erdäpfel und das Malz das Entstehen von steinigten Krusten verhindern, hat man vorgeschlagen, von Zeit zu Zeit eine Quantität dieser Substanzen in den Kessel zu werfen; meines Wissens ist jedoch dieser Gebrauch bisher nicht allgemein geworden.

Ungern unterdrücke ich hier die Mittheilung der einsichtsvollen Forschungen, welche Hr. Tabareau über die Explosionen angestellt, und deren Resultate er der Akademie vorgelegt hat; allein ich glaubte die Modifikationen abwarten zu müssen, welchen er selbst seine Theorie unterziehen zu müssen glaubte.

Schließlich muß ich diesem Kapitel, in welchem so lange von Explosionen die Rede war, ohne je anzuführen, ob von Maschinen mit hohem oder niederem Drucke die Rede sey, die Bemerkung beifügen, daß die Ursache hievon einzig und allein diese sey, daß nach meiner Meinung dieser Unterschied gar nicht statt findet. Wem sollte es in der That nicht einleuchten, daß im Augenblicke der Explosion alle Kessel hohen Druck haben werden? Ich erwähne noch, daß niemals behauptet wurde, daß die Maschinen mit hohem Drucke häufiger als andere geborsten seyen; das Gegentheil ist selbst von mehreren Mechanikern behauptet worden, von welchen ich die Herren Perkins, Oliver Evans etc. namhaft mache.

Einer meiner Freunde äußerte nach Durchlesung dieses Artikels das Bedenken, daß eine so umständliche Ausführung der verschiedenen Ursachen, welche eine Explosion herbeiführen können, Viele von der Anwendung der Dampfmaschinen zurückschrecken werde. Sollte diese Abhandlung in der That eine solche Wirkung hervorbringen, so würde ich sie ohne Weiteres unterdrücken. Ich kann jedoch diese Bedenklichkeit nicht theilen; denn wenn man dieser Entwicklung einige Aufmerksamkeit schenkt, wie ich doch voraussetzen darf, so wird man ohne alle Ausnahme finden, daß jede der bezeichneten Ursachen von Ex-

plosionen durch ganz einfache und aller Welt zu Gebote stehende Mittel abgewendet werden kann. Seit langer Zeit schon sieht man ein, wie gefährlich es ist, Feuergewehre in den Händen der Kinder zu lassen; ich halte es für ganz ebenso unerläßlich, niemals die Leitung einer Dampfmaschine ungeschickten Arbeitern anzuvertrauen, welche keine Erfahrung und Einsicht besitzen. Man ist sehr im Irrthum, wenn man diese Maschinen als Apparate ansieht, welche darum, weil sie durch ihre eigene Kraft sich bewegen, auch fast keine Vorsorge brauchen. Watt ist gegen diesen Irrthum mit aller Kraft aufgetreten, und wenn dieser Aufsatz auch etwas zur Ausrottung desselben beitragen könnte, so würde ich meine Arbeit reichlich belohnt sehen; denn dieß war der Zweck, der einzige Zweck, welchen zu erreichen ich mir vorgesetzt habe.

Ueber die gebohrten oder sogenannten Artesischen Brunnen; über die Artesischen oder Spring-Quellen.

Seit mehreren Jahren werden häufig in den Journalen Artikel eingerückt, welche die Artesischen Brunnen zum Gegenstande haben, die von der Staats-Verwaltung oder von Privaten in verschiedenen Theilen von Frankreich zum großen Vortheil für Feldbau, Physik und Geologie gebohrt worden sind. Indem ich mir vorbehalte, in der Folge die etwa später noch sich ergebenden wichtigen Fortschritte dieser Kunst mitzutheilen, muß ich, um den Leser in Stand zu setzen, über derlei Fortschritte mit Sachkenntniß zu urtheilen, etwas weither ausholen, damit er den gegenwärtigen Standpunkt der Kunst des Brunnenbohr-Meisters gehörig aufzufassen im Stande sey. *)

*) Es ist billig, das Verdienst der neuerlichen Fortschritte dieser Kunst der Ackerbau-Gesellschaft und der Société d'encouragement in Paris einzuräumen. Es sind die von diesen Gesellschaften ausgesetzten Preise, ihre Aufforderungen, ihre Aufsätze, ihre Arbeiten, welche den Behörden und den Privaten die ganze Wichtigkeit der Artesischen Brunnen ersichtlich gemacht haben. Aber auch dem thätigen Antheile, welchen Hr. Hericart de Thury in diesem Kreuzzuge der Wissenschaft gegen Unwissenheit und Stumpfsinn genommen hat, wird die öffentliche Anerkennung nicht versagt werden. Ich für meinen Theil konnte mich um so weniger entschlagen, dieses Akademikers hier ehrenvoll zu gedenken, da ich seinen Schriften oder seiner geneigten Vermittlung

Was versteht man unter Artesischen Brunnen? Waren dieselben im Alterthum bekannt?

Wenn man unter gewissen örtlichen Verhältnissen den Boden senkrecht bis zu einer hinreichenden Tiefe anbohrt, so erreicht man unterirdische Wasser-Vorräthe, welche dem ihnen durch den Bohrer bezeichneten Kanale entlang bis an die Oberfläche aufsteigen, und sogar nicht selten einen ergiebigen und hoch gehenden Springbrunnen bilden. Springbrunnen, welche durch künstliches Nachgraben entstanden sind, oder selbst einfache Brunnen von schwachem Durchmesser, welche ihren Wasser-Zufluß aus einer beträchtlichen Tiefe erhalten, werden Artesische Brunnen oder Quellen, oder gebohrte Brunnen genannt.

Die Artesischen Brunnen entlehnen ihre Benennung von einer französischen Provinz (Artois), in welcher man sich vorzugsweise mit dem Auffinden unterirdischer Wasser befaßt zu haben scheint. Man darf sich jedoch nicht verhehlen, daß Brunnen dieser Art den Alten gar wohl bekannt waren, und daß sie dieselben zu errichten verstanden. *)

---

eine große Zahl wichtiger in diesem Aufsatze vorkommender Daten verdanke.

*) Man sagt, daß die Chinesen ebenfalls seit mehreren tausend Jahren um die Artesischen Brunnen gewußt haben. Wir wollen diese Behauptung prüfen.

Hr. Dufresse, Erzbischof von Tabraca (siehe les nouvelles lettres édifiantes, Tome IV.), spricht von sehr engen gebohrten Brunnen, welche in eine Tiefe von mehreren hundert Fuß hinabreichten. Diese Brunnen kamen in dem Bezirke Kia-Ting-Fou vor und waren zur Ausbeutung unterirdischer Salzwasser bestimmt. Der Brief dieses Missionärs ist vom 11. Oktober 1804, aber es ist daraus nicht zu ersehen, wie weit die Errichtung dieser chinesischen Brunnen in die Vergangenheit hinaufreicht. Ueberdieß hat Hr. Imbert, ein französischer Missionär, welcher noch gegenwärtig in diesem Lande sich aufhält, eine Beschreibung der Brunnen von Kia-Ting-Fou gegeben, aus welcher abzunehmen ist, daß kein Springen des Wassers bei diesen Brunnen statt findet. „Um das Salzwasser zu Tage zu fördern,“ schreibt Hr. Imbert, „wird in die Brunnen ein 24 Fuß langes Bambusrohr hinabgelassen, an dessen unterem Ende eine Klappe sich

Olympiodorus berichtet, daß, als in der Oasis Brunnen in einer Tiefe von 200 bis 300 und selbst 500 Ellen gebohrt wurden, aus der Mündung dieser Brunnen Wasserströme hervorschossen, welche von den Landbauern zur Bewässerung der Felder verwendet wurden. *)

In gewissen Landstrichen Italiens waren zuverlässig auch schon in einer längst vergangenen Zeit Artesische Brunnen gebräuchlich. Durch Bernardini-Ramazzini erfahren wir in der That, daß man bei Umgrabung der sehr alten Stadt Modena manchmal auf bleierne Röhren stieß, welche allem Anscheine nach mit alten Brunnen in Verbindung waren. Aber was konnten diese Röhren für einen andern Zweck haben, als in einer Tiefe von 20 — 25 Metres, (das ist: weit unterhalb des schlecht conditionirten und ungesunden Wassers, welches sich unter den lokalen Einflüssen der oberen Schichten componirt,) zu jenem klaren und reinen Wasser-Vorrath zu gelangen, welcher alle Brunnen der heutigen Stadt Modena versorgt?

In Frankreich können wir ein so altes Vorkommen derselben auf keine Art nachweisen. Man sagt, der älteste bekannte Artesische Brunnen sey vom Jahre 1126. Er befindet sich zu Lillers in Artois in dem alten Kloster von Chartreux.

Stuttgart soll ebenfalls, wenn ich recht berichtet bin, Artesische Brunnen von hohem Alter besitzen, was sich jedoch selbst nicht approximativ numerisch angeben läßt.

---

befindet. Ist das Rohr gefüllt 2c. 2c." (Das Nachfolgende hat Bezug auf die Art, das Bambusrohr heraufzuheben, und ist für uns von keinem weiteren Interesse.)

Es ist gewiß sehr wahrscheinlich, daß ein Volk, welches Salzquellen durch Bohrungen in einer Tiefe von 1500 — 1800 Fuß aufsucht, diese Arbeit auch manchmal an Punkten vorgenommen haben werde, welche nach ihrer geologischen Lage zur Erzeugung von Spring-Quellen geeignet waren; aber das bleibt immer eine bloße Vermuthung. Man sieht jedenfalls, daß die Quellen von Kia-Ting-Fou nicht, wie es wirklich geschehen ist, in diese letztere Kategorie eingereihet werden können.

*) Ich entlehne diese Citation aus Niebuhr. Olympiodorus stand im höchsten Ansehen in Alexandrien um die Mitte des sechsten Jahrhunderts.

Die Bewohner der Sandwüste Sahara kennen die Artesischen Brunnen schon seit lange her, wie man aus folgender Stelle der Reisen von Shaw entnehmen wird:

„Das Wad-reag ist ein Haufe von Dörfern, welche sehr tief in der Sahara gelegen sind. Diese Dörfer haben weder Quellen noch Brunnen. Die Bewohner verschaffen sich das Wasser auf eine sehr sonderbare Weise. Sie bohren Brunnen in eine Tiefe von hundert, manchmal zweihundert Klafter, und sind dann gewiß, in dieser Tiefe einen reichlichen Wasser-Vorrath anzutreffen. Sie müssen zu diesem Zwecke mehrere Schichten von Sand und Kies aufräumen, bis sie auf eine Steinart stoßen, welche dem Schiefer ähnlich ist und von der man weiß, daß sie sich unmittelbar über dem befinde, was sie Bahar that el Erd oder das Meer unterhalb der Erde nennen, eine Benennung, mit welcher sie den Abgrund überhaupt bezeichnen. Dieser Stein ist leicht zu durchbohren, wornach dann sogleich das Wasser so plötzlich und in solcher Quantität aufsteigt, daß diejenigen, welche hinabgelassen werden, um diese letztere Arbeit zu vollbringen, manchmal davon überrascht und erstickt (ersäuft?) werden, obgleich man sie so schnell als möglich heraufzieht. *)

Dominik Cassini hatte vor seiner Berufung nach Frankreich, das ist: gegen die Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts, in der Schanze Urbain einen gebohrten Brunnen errichten lassen, dessen Wasser ganz frei aus dem Boden bis zu einer Höhe von 15 Schuh aufstieg. Wurde dasselbe Wasser in einer Röhre aufgefaßt, so stieg es bis an die Gipfel der Häuser.

Diese geschichtlichen Notizen werden uns, wie ich glaube, hoffentlich für die Artesischen Brunnen auch die Stimmen derjenigen gewinnen, welche es sich zum bleibenden Grundsatze ge-

---

*) Voyages de *Shaw* dans plusieurs provinces de la Barbarie et du Levant, I. Band der französischen Ausgabe von 1734., S. 125 und 169. Shaw war in der Berberei im Jahre 1727. Er erwähnt in der Vorrede, daß er selbst das Wad-reag nicht besucht habe. Er berichtet den im Texte beschriebenen Vorgang nach den Erzählungen der Eingebornen welche er in fast allen Städten der Nordküste Afrika's angetroffen hat.

macht haben, ihre Beistimmung nur dem zu geben, was bereits eine Probe längeren Bestandes aufzuweisen hat.

Woher kommt das Wasser der Artesischen Brunnen?

Es scheint eine ganz natürliche Annahme zu seyn, daß das Wasser sowohl der gewöhnlichen als auch der Artesischen Brunnen, so wie der Quellen, nichts anderes sey, als das Regenwasser, welches durch die Poren oder Fugen des Bodens durchgesickert und endlich auf eine undurchdringliche wasserdichte Unterlage gelangt ist. Diese Ansicht hat nichts desto weniger anfänglich nicht durchdringen können; künstlichere Theorieen sind derselben vorausgegangen. Diese Theorieen, obwohl sie heutzutage mit Recht wieder aufgegeben worden sind, scheinen mir doch im Vorbeigehen eine augenblickliche Beachtung zu verdienen, besonders seitdem Reminiscenzen an dieselben in solchen Schriften zu erkennen sind, welche durch das neuerliche Umsichgreifen der gebohrten Brunnen veranlaßt wurden.

Man hat lange Zeit geglaubt, daß das Meerwasser sich nothwendiger Weise durch Einsaugung unterhalb des festen Landes verbreitet und allmählig daselbst eine Wasserschichte gebildet haben müsse, welche, abgesehen von dem Einfluß der Haarröhrchen-Wirkung *) mit der Oberfläche des Weltmeeres in gleichem

*) Diejenigen, welche gewohnt sind, in den öffentlichen Vorträgen über Physik die Wirkungen der Capillarität auf Aenderung des Niveau auf einige Millimetres beschränkt zu sehen, werden sich vielleicht über meine Aengstlichkeit wundern, bei Vergleichung des Standes der Meeresfläche mit dem Niveau der durch Infiltration im Innern der Erde entstandenen Wasser-Vorräthe überhaupt der Capillarität zu gedenken, aber ihr Befremden wird sich verlieren, wenn sie die Wirkung der Capillarität für solche Röhrchen berechnen würden, wie man sie nach den muthmaaßlichen Zwischenräumen der Wassertheilchen der verschiedenen Erd-Arten annehmen muß. Setzen wir voraus, daß die Gesetze, welche die Höhe der gehobenen Wassersäule nach dem Durchmesser des Haarröhrchens bedingen, für alle Dimensionen dieselben bleiben;

Niveau stehen müßte. Man fand sich auch zu der Annahme bewogen, daß das Wasser auf diesem langen Wege quer durch die vielfach verschlungenen Erd-Schichten und Felsen-Spalten völlig seine salzige Beschaffenheit verlieren werde, in der Art, daß, wenn an was immer für einer Stelle der Erde Brunnen gegraben werden, man alsobald auf einen Vorrath süßen Wassers gelangen müsse, so wie man mit diesem Brunnen in eine Tiefe gelangt ist, welche der Erhöhung des gewählten Standpunktes über der Meeresfläche gleichkommt.

Um diese Hypothese völlig umzustoßen, braucht es heutzutage nicht mehr der Anführung einzelner Brunnen, welche kein Wasser geben, obwohl sie tiefer reichen, als das Niveau der vorgeblichen Continental-Wasserschichte; man kann ein ganzes Land, nämlich denjenigen Theil Rußlands, welchen die Wolga während des größten Theils ihres Laufes durchströmt, als Gegenbeweis anführen. Eine unermeßliche Länderstrecke liegt hier weit unter dem Spiegel des schwarzen Meeres, ohne darum unter Wasser gesetzt oder selbst nur sumpfig zu seyn, was doch der Fall seyn müßte, wenn das Meer vermöge einer im Laufe der Jahrhunderte stattgefundenen Infiltration allenthalben in das Innere der Erde eingedrungen wäre.

Nach dieser Theorie, deren unzulängliche Begründung ich eben gezeigt habe, ward auch noch eine andere Potenz, nämlich die vom Mittelpunkt der Erde ausgehende Hitze, mit in's Spiel gezogen, wenn es sich um die Erklärung der Temperatur, nicht sowohl des Brunnen-Wassers, als vielmehr derjenigen Quellen handelte, welche in mehr oder minder beträchtlicher Höhe über der Meeresfläche hervorkommen. Da waren es die unterirdischen Dämpfe, welche für sich allein oder unter dem Zutritte der

---

Bei einem Zwischenraume von $1/_{10}$ Millimetres würde dann das Wasser um 2 Decimetres gehoben werden;

In feinem Sande bei Zwischenräumen von $1/_{100}$ Millimetres würde sich ein Aufsaugen des Wassers auf 2 Metres Höhe ergeben;

In Mörgel bei Zwischenräumen von $1/_{400}$ Millimetres würde die Dicke der durch Einwirkung der Capillarität befeuchteten Schichte bei 8 Metres betragen.

Luft sich an der Oberfläche verdichteten und daselbst eine beständige Feuchtigkeit unterhielten. Zu dieser Meinung bekannten sich im Grunde Aristoteles, Seneca, Cardan, und ich kann beifügen, auch Descartes; man lese nur nachfolgende wörtlich aus den Schriften dieses großen Philosophen übertragene Stelle:

„Die Wasser dringen durch unterirdische Zuleitung bis unter die Gebirge, woselbst die im Innern der Erde stattfindende Hitze sie in der Gestalt von Dämpfen bis zu den Gipfeln derselben emportreibt, und auf diese Weise die Quellen, Brunnen und Flüsse erzeugt."

Diese Vorstellungs-Art, nach welcher unsere Erdkugel als ein Destillir-Kolben und die obere Erdschichte als ein Schwamm erscheint, diese Auffassungs-Art, welche so oftmals seit Descartes wieder reproducirt wurde und die so einfache Erklärungs-Art verdrängt hat, wornach im Regenwasser die Ursache der Quellen zu suchen ist, ist zugleich so complicirt, daß man von selbst auf den Gedanken verfallen muß, man habe sich irgend eine nur halb beobachtete oder übel verstandene Erscheinung nicht anders zu erklären gewußt. Man wird in der That erfahren, daß es sich ungefähr so mit ihrer Entstehung verhalte, daß wenigstens der Umstand, durch welchen sie gewissermaaßen beliebt geworden ist, von der Art sey.

Seneca berichtet in seinen naturhistorischen Fragen, daß der Regen, er mag noch so ergiebig seyn, niemals tiefer als auf $3\frac{1}{4}$ Metres (10 Schuh) in die Erde eindringe. Er bemerkt, daß er sich hievon durch sorgfältig angestellte Aufgrabungen überzeugt habe. Braucht man noch weiter zu fragen, warum man auf die unterirdischen Dämpfe verfallen sey, um zu erklären, wie die weit oberhalb der Meeresfläche hervorkommenden Wasser ihren Ursprung, ihre Quelle unterhalb einer sehr dicken Erdschichte haben können?

Nach den Erfahrungen fast aller neueren Physiker, welche sich mit Forschungen dieser Art befaßt haben, wäre die Durchdringlichkeit der Erd-Oberfläche für das Regenwasser noch beschränkter, als der ihr von Seneca angewiesene Spielraum. So nimmt Mariotte an, daß beurbarter Boden den stärk-

sten Sommer-Regen nicht tiefer als auf 16 Centimetres (6 Zoll) eindringen lasse; so hat sich Lahire überzeugt, daß ein mit etwas Gras bewachsenes Erdreich niemals bis auf 65 Centimetres (2 Fuß) den Regen eindringen lasse; so hat nach den Beobachtungen eben desselben eine nackte Erdschichte von 2 Metres 60 Centimetres (8 Fuß) Dicke, während eines Zeitraums von 15 Jahren, durch welchen sie allen Einwirkungen der Witterung ausgesetzt war, nicht einen einzigen Tropfen bis zu der Bleiplatte gelangen lassen, welche ihr zur Unterlage diente; so hat Buffon, welcher in einem Garten einen Erdhaufen von 3 Metres Höhe untersuchte, der durch mehrere Jahre unberührt geblieben war, sich überzeugt, daß der Regen in denselben niemals weiter, als auf 1 Metre 3 Centimetres (4 Fuß) eingedrungen war.

Derlei Beobachtungen wären von großem Belange bei Entscheidung der Frage über den Ursprung der Quellen, wenn die Oberfläche der Erdkugel allenthalben mit einer Schichte vegetabilischer Erde in der Dicke von einigen Metres bedeckt wäre; aber Jedermann weiß, daß an vielen Punkten Sand oben aufliege und daß durch den Sand das Wasser sich durchseihe, wie durch ein Sieb; daß an weiteren zahlreichen Stellen die Felsen nackt zu Tage liegen, und daß durch ihre Spalten und Fugen die Flüssigkeit sich ziemlich leicht durcharbeiten könne. Ich will hier zum Erweise der letztern Behauptung auf die constante Beobachtung der Bergleute, vorzüglich der Walliser Bergknappen, aufmerksam machen, daß nämlich in den Gruben, im Herzen gewisser Kalkstein-Gebirge, das Wasser in den allertiefsten Minen wenige Stunden, nachdem es zu regnen angefangen hat, allemal zunehme. Ich könnte auch die Quellen anführen, welche an unseren Seeküsten aus den kreidigen Kalk-Klippen in jeder Höhe hervorsprudeln und welche ebenfalls unmittelbar nach einem Regen zunehmen.

Das Argument, worauf sich diejenigen vorzugsweise stützten, welche vermeinen, den Ursprung der unterirdischen Wässer aus dem Niederschlage der heißen von den Central-Gegenden der Erdkugel kommenden Wasserdämpfe bei ihrem Zusammentreffen mit den kalten oberen Erdschichten erklären zu müssen,

ist von einer Thatsache entlehnt, welche allerdings einer nähern Prüfung höchst würdig ist: ich meine das behauptete Vorkommen ziemlich ergiebiger Quellen am Gipfel, an den höchsten Punkten einiger Berge. Selbst unser kleiner Berg Montmartre figurirte bei Verhandlung dieser Streitfrage. Es befand sich in der That (vielleicht befindet sie sich noch) auf diesem Hügel eine Quelle, welche nur 16 Metres (50 Fuß) unterhalb seines höchsten Punktes hervorkam. Kein Wasser, sagte man, vermag einer Quelle in dieser Lage beständigen Zufluß zu verschaffen, wenn es nicht in Gestalt von Dämpfen von unten herauf kommt. Nachdem man jedoch den eigentlichen Thatbestand erhoben hatte, zeigte sich's, daß die oberhalb dieser Quelle gelegene Partie des Montmartre, von welcher dieselbe gar wohl den Wasser-Zufluß auf dem einfachen Wege des Durchsickerns und Herabsinkens von oben nach unten erhalten konnte, ungefähr 585 Metres Länge auf 195 Metres Breite faßte. Aber den Mittelwerth der Regen-Menge, welche in Paris auf ein gleich großes Terrain zwischen dem 1. Januar und 31. December jeden Jahres niedergeht, übersteigt bei weitem die Quantität Wasser, welche die fragliche kleine Quelle jährlich lieferte. Man mußte daher die vermeintliche Schwierigkeit an einem andern Punkte aufsuchen. Man glaubte sie an einer Localität nicht weit von Dijon gefunden zu haben; hier zeigte sich's jedoch ebenfalls ungeachtet des täuschenden Anscheines, daß die von den die Quellen beherrschenden Strecken aufgenommene Quantität Regenwassers zu deren Versorgung auf das reichlichste genügte.

Man hat auch den berühmten Mont Ventoux im Departement Vaucluse angeführt, wo eine Quelle (La Font-Feyole) in einer Höhe von 1754 Metres vorkommt. Aber der Gipfel des Berges ist noch um 200 Metres höher, in so lange man folglich nicht eine genaue Vergleichung der Quantität des Regens, Thaues und Schnee's, welche auf dem oberhalb Font-Feyole gelegenen Theile des Mont Ventoux nieder geht, mit der jährlich bei dieser Quelle ausströmenden Wasser-Menge angestellt hat, ist die Berufung auf denselben offenbar ohne Wirkung.

Außerdem hätte es nur einer einfachen Bemerkung bedurft,

um die theoretischen Speculationen, welche wir eben umständlich geprüft haben, in ihr Nichts zurückzuwerfen: daß nämlich zu Zeiten einer großen Trockenheit fast alle Quellen in ihrer Ergiebigkeit nachlassen, und daß eine große Zahl derselben unter solchen Umständen sogar völlig versiegen, obwohl die vom Mittelpunkte der Erde kommenden Dämpfe wie sonst aufsteigen und sich in Wasser verwandeln müßten.

Die an sich wahre, jedoch ungebührlich generalisirte Erfahrung über die geringe Wasserdurchlaß-Fähigkeit gewisser Bestandtheile unserer Erd-Oberfläche vermochte allein der von Aristoteles, Seneca und Descartes über den Ursprung der hoch gelegenen Quellen aufgestellten Theorie eine lange Dauer zu verschaffen. Wahrhaft phantastische Ideen *) über den jährlichen Bedarf gewisser fließender Wässer, völlige Unbekanntschaft mit der Menge Regen, Thau und Schnee, welche in jedem Klima niedergeht, hatten ferner dahin geführt, den unterirdischen Dämpfen auch bei der Entstehungs-Art der Ströme und Flüsse die Hauptrolle anzuweisen. So fand man es zum Beispiel nicht glaublich, daß das Fluß-Gebiet der Seine, wohlverstanden, wenn man darunter den gesammten Theil des französischen Gebiets begreift, welcher alle großen und kleinen Wässer in sich faßt, deren Contingent diesem Strome zugeführt wird, jährlich durch den Regen eine gleiche Quantität Wasser empfange, als die Seine in dieser Zeit an das Meer

*) Dieser Ausdruck wird sicher niemanden mehr zu stark vorkommen, wenn ich anführe, daß in einem Buche, welches Newton herauszugeben übernahm, daß in der Geographie des Bernard-Varenius, einem Werke, welches gegen das Ende des siebenzehnten Jahrhunderts zum Leitfaden an der Universität zu Cambridge diente, man z. B. Kapitel XVI. lesen kann:

„Die Ströme ersten Ranges erzeugen eine so große Menge Wassers, daß das Volumen derjenigen Quantität, welche ein einziger derselben in einem Jahre dem Meere zuführt, den Umfang der ganzen Erde übersteigt!!! Also verhält es sich mit dem Wasser, welches die Wolga in das kaspische Meer ergießt; wornach nothwendiger Weise angenommen werden muß, daß das Wasser unmittelbar von dem Meer in das Innere der Erde übergeht."

abliefert. Perrault und Mariotte waren die Ersten, welche das Studium dieser Frage auf direkte Versuche stützten, und sie fanden, wie es in derlei Fällen gewöhnlich ist, daß die in der Luft aufgegriffenen Annahmen ihrer Vorgänger dem wahren Sachverhalte direct entgegengesetzt gewesen seyen. Nach Mariotte würde die Seine jedes Jahr nur den sechsten Theil der Wassermenge dem Meere zuführen, welche an Regen, Thau und Schnee jährlich in der ganzen Ausdehnung ihres Fluß = Gebietes niedergeht. Die übrigen fünf Sechstel müßten entweder behufs der Wolkenbildung verdunsten oder von jener oberen Erdschichte eingesogen werden, in welcher die Pflanzen ihren Stand haben, oder aber durch die Felsen=Ritzen bis zu jenen unterirdischen Wasser = Behältern gelangen, aus welchen die Brunnen ihren Vorrath beziehen. *) Die Berechnung Mariotte's wurde

*) Wir wollen uns mit ein paar Worten über die meteorologischen Daten verbreiten, auf welche diese Berechnungen gestützt sind. Man kann durch unmittelbare Messungen die Quantität des Regens sehr genau ausmitteln, welche unter jedem Breiten = Grade und nach jeder örtlichen Lage niedergeht. Indem man ferner in dem Hyetometer den Schnee schmelzen läßt, bevor er durch Verdünstung beträchtlich abgenommen hat, bestimmt man auch genau das Volumen der in demselben enthaltenen Flüssigkeit. Ueberdieß haben es die über diesen Gegenstand schon seit so langer Zeit angestellten, so oftmals wiederholten Versuche möglich gemacht, diese Umwandlung nach dem Augenmaaße abzuschätzen. Wenn der Schnee in großen Flocken gefallen ist und man seine Höhe mißt, bevor er sich zusammengeballt hat, muß man anschlagen, daß im Falle des Aufthauens das Schnee=Wasser auf einem wasserdichten horizontalen Grunde nur auf dem zehnten Theil der ursprünglichen Schneehöhe stehen würde. Der feinflockige Schnee ist beträchtlich dichter; wird er zu Wasser, so sinkt seine Höhe nur auf ein Fünftel herab. Bei den Schneemassen endlich, so wie sie sich von selbst zusammenballen, wird deren Höhe im Falle des Aufthauens um zwei Drittheile verringert.

Das vom Hagel herkommende Wasser konnte in der Regel füglich übergangen werden; aber da es selten hagelt, ohne zugleich zu regnen, so wird der Hyetometer ohnedem die von beiden Elementar = Erscheinungen gemeinschaftlich herrührende Wasser-Menge angeben.

nach genaueren Daten, vorzüglich in Betreff des Ausmaaßes der Seine, neuerlich vorgenommen. Hier folgen deren Ergebnisse, so wie sie in einem noch ungedruckten vortrefflichen Werke des Brücken- und Straßen-Baumeisters Hrn. Dausse nieder-

---

Es ist daher noch die Quantität des Thaues auszumitteln. Hr. Dalton schlägt die Wasserschichte, womit der Thau jährlich unsere Erdkugel befeuchtet, auf einen Decimetre an. Dieses Resultat ist von einem Versuche von Hales entnommen, welchen man damals füglich generalisiren konnte, als man noch der Ansicht war, daß der Thau nach Art des Regens niedergehe; aber seit dem Erscheinen des Wells'schen Werkes, seitdem man weiß, daß der Thau nicht aus der Luft herabfalle, daß sich derselbe vielmehr aus der Luft an die Oberfläche der verschiedenen Körper in dem Maaße ansetzt, als sich dieselben vorläufig durch Ausstrahlung ihrer Wärme gegen die heiteren Himmels-Räume abgekühlt haben; daß die eigenthümliche Beschaffenheit derselben, ihre Lage, die Heiterkeit des Himmels auf diese Erscheinung den wesentlichsten Einfluß ausübe, wird Jedermann einsehen, daß eine auch nur approximative Bestimmung der Menge des Thaues, welche sich jährlich in jedem Lande abgelagert hat, eine der verwickeltsten physikalischen Aufgaben wäre.

Hr. Dalton hat gefunden, daß die mit Feuchtigkeit gesättigte Gartenerde $^{7}/_{12}$ Antheile Wasser enthalte. Das Viertel, selbst die Hälfte dieser Feuchtigkeit kann sich verlieren, ohne daß die Erde darum für die Vegetation untauglich werde.

Es scheint, daß in jedem Lande die Schichte, welche die Verdünstung jährlich einem Wasserspiegel entzieht, so ziemlich gleiche Dicke mit derjenigen hat, welche ihr durch den Regen zuwächst. Die dießfälligen Versuche müßten jedoch auf jeden Fall mit weit größeren Gefäßen wiederholt werden, als deren sich die Meteorologen bisher hiebei bedient haben. Aus Beobachtungen, welche beiläufig vor einem Jahrhunderte durch Bazin angestellt wurden, ergab sich, daß feuchte Erde eine größere Quantität Wasser durch Verdünstung verbrauche, als eine gleiche Fläche reinen Wassers. Dieses Ergebniß erscheint unwahrscheinlich, aber in dergleichen Materien sind es die Versuche, welche die entscheidende Sprache zu führen haben.

Ich will zum Schlusse eine Bemerkung Leslie's anführen, welche, ohne unsere noch sehr unvollkommenen Einsichten in die Ursachen der Verdünstung zu erweitern, uns bei diesem Vorgange die Entwicklung einer mechanischen Kraft erkennen läßt, welche durch ihre Unermeßlichkeit die Einbildungs-Kraft betäubt, vor-

gelegt sind. Das Fluß-Gebiet der Seine (wir wollen hier nur den aufwärts von Paris gelegenen Theil desselben zu Grunde legen, weil es leicht ist, die Wasser-Menge abzumessen, welche unter einer der Brücken dieser Stadt durchgeht,) hat 4'327,000 Hektaren Oberfläche. Das Wasser, welches in dieses Becken herabfällt, vorausgesetzt, daß es nicht verdünste, daß es nicht in den Boden eindringe, und derselbe durchaus horizontal sey, würde am Ende des Jahres zu einer Schichte von 53 Centimetres Höhe ansteigen. Es ist leicht zu berechnen, daß eine solche Wasserschichte ein Volumen von 22,933 Millionen Cubik-Metres Wasser ausmacht. Aber unter dem Pont de la Revolution in Paris ist der Mittelwerth des durchströmenden Wassers der Seine:

255 Cubik-Metres in der Sekunde,
oder 22 Millionen Cubik-Metres im Tage,
oder 8,042 Millionen Cubik-Metres im Jahre.

---

züglich wenn man der schweigsamen Art nachdenkt, in welcher die Natur solche Wirkungen hervorbringt.

Nehmen wir an, die der Erd-Oberfläche jährlich durch Verdünstung entzogene Feuchtigkeit sey unter jedem Klima gleich der Menge des niedergehenden Regens. Dieses verdünstete Wasser verbreitet sich in alle Höhen der Atmosphäre. Man wird eine Art von Durchschnitts-Werth für die zur Erhebuug des Wassers in diese verschiedenen Höhen aufgewendete Kraft erhalten, wenn man annimmt, die Gesammt-Masse des verdünsteten Wassers sey zu einer gewissen mittleren Höhe erhoben und daselbst festgehalten worden. Die jährliche Verdünstung wird sich daher rücksichtlich der dabei im Spiele befindlichen mechanischen Kräfte, schicklicher Weise durch das Emporheben der eruirten Wasser-Masse um einen gleichfalls bestimmten Mittelwerth von Metres vorstellen lassen. Aber wie viel ein Mensch an dieser der Natur obliegenden Arbeit beizutragen im Stande wäre, ist ebenfalls berechnet worden, und die Vergleichung der beiden Resultate zeigt, daß die in der Art reducirte, bei der Verdünstung aufgewendete wasserhebende Kraft der Arbeit von 80 Millionen Menschen gleichkomme. Nehmen wir die Bevölkerung unserer Erdkugel zu 800 Millionen und darunter die Hälfte arbeitsfähig an, so würde die von der Natur zur Wolkenbildung aufgewendete Kraft die Arbeit des gesammten Menschen-Geschlechts, dessen Kräfte allein hiezu verwendet würden, 200,000mal übertreffen.

Diese letztere Zahl verhält sich zu den 22,933 Millionen Cubik-Metres Regenwassers des Fluß-Gebietes, wie 100 zu 285 oder nahe wie 1 zu 3.

Folglich beträgt die jährlich unter den Brücken von Paris durchströmende Wassermenge nur das Drittel der als Regen in das oberhalb Paris befindliche Fluß-Gebiet der Seine niedergehenden Quantität Wassers. Zwei Drittheile dieses Regens kehren folglich in die Atmosphäre auf dem Wege der Verdünstung zurück, oder unterhalten die Vegetation und das animalische Leben, oder fließen durch unterirdische Communications-Wege in das Meer ab. *)

Dieses Beispiel, denke ich, wird genügen, um zu zeigen, wie wenig die Flüsse an und für sich, wenn man sie mit wahrer Aufmerksamkeit studirt, geeignet seyen, die Systeme der alten Physiker zu unterstützen. Die reichlichen Wasser-Massen, welche sie unaufhörlich aus dem Inneren des Festlandes gegen das Meer forttreiben, sind durchaus nur ein sehr kleiner Theil des Regenwassers, welches jährlich in den von ihnen durchströmten Ge-

*) Auf der Straße nach Fontainebleau befindet sich in einem Oertchen, Rungis genannt, eine ergiebige Quelle, deren Wässer in einem mit vieler Sorgfalt erbauten unterirdischen Canale gesammelt, in das Wasser-Reservoir nahe bei der Pariser Sternwarte geleitet und von hier in die verschiedenen Stadttheile vertheilt werden. Lahire schätzt den gewöhnlichen Auslauf dieser Quelle auf 50 Zoll, und bemerkt zugleich: „daß der Bezirk, von dem dieselbe ihr Wasser beziehen kann, nicht so ausgedehnt sey, um eine solche Quelle bloß vom Regenwasser zu unterhalten, selbst wenn gar nichts davon verloren gienge. Aber da diese Behauptung durch keine genaue Berechnung des Terrains sowohl als der jährlich fallenden Regenmenge unterstützt wird, so ist sie in die Klasse jener flüchtigen unbestimmten Wahrnehmungen einzureihen, über welche die Wissenschaft heut zu Tage keine Rechenschaft zu geben schuldig ist. Auch könnte man, wenn es sich als nothwendig zeigen sollte, ohne weiters dieselbe Antwort gelten lassen, welche Hrn. Lahire im Jahre 1703 gegeben wurde, daß nämlich die Quelle von Rungis wenigstens zum Theil ihren Zufluß durch unterirdische Zuleitungen erhalte, welche an sehr weit entfernten Punkten ihren Ursprung nehmen, in der Art, wie es bei dem größten Theile der Artesischen Brunnen der Fall ist.

genden des Festlandes niedergeht. Es ist also auch rücksichtlich derselben ebensowenig als in Ansehung der Quellen eine genügende Ursache vorhanden zur Erklärung der sie begleitenden Erscheinung, die aus den Central-Regionen des Erdkörpers kommenden Dämpfe zu Hülfe zu nehmen.

Diese auf Berechnung gegründete Entscheidung wird gleichermaßen auch zur Widerlegung derjenigen dienen, welche neuerlich das Wasser der Artesischen Brunnen von solchen Wasserbecken herleiten wollen, in die sich jene Flüssigkeit gesammelt hätte, welche das aufgeschwemmte Land in sich aufgelöst gehabt oder getragen haben soll. Eine solche Hypothese würde nur dann einige Beachtung verdienen, wenn es bewiesen wäre, daß einerseits die Regenwässer zu wenig ergiebig seyen, um manche Erscheinungen der Quellen zu erklären, und daß andererseits eben dieses Regenwasser nicht bis zu beträchtlichen Tiefen durch die Erdrinde durchzudringen vermöchte. Aber nach dem Vorausgegangenen muß der Leser bereits wissen, was er rücksichtlich dieser beiden Punkte zu glauben hat. Auch habe ich in der Erwähnung dieser neuen Theorie vorzüglich nur eine Veranlassung gesucht, diejenigen zu beruhigen, welche, in der Voraussetzung, die Artesischen Brunnen bezögen ihr Wasser aus Behältern, welche seit Jahrtausenden keinen neuen Zufluß erhalten, diese Brunnen sammt und sonders einen nach dem andern mit nächstem versiegen sehen. Ist es im Gegentheile ausgemacht, daß diese Brunnen aus der Feuchtigkeit der Atmosphäre ihren Zufluß erhalten, so wird das Ausbleiben derselben lediglich mit dem Aufhören alles Regens, Schnee's, Thaues und der Verdünstung eintreten können.

Ich habe hiebei von Erdbeben abgesehen, welche bei heftigen Trennungen der unteren Lagen von der oberen Erdschichte und den in den ersteren herbeigeführten Rissen allerdings an gewissen Stellen die Lage und Stärke der unterirdischen Wasser-Vorräthe umändern können. Die Möglichkeit solcher Erdstöße hindert uns aber nicht, täglich Häuser aufzuführen; sie kann uns daher ebensowenig abhalten, Artesische Brunnen zu graben.

Auf welche Weise läßt sich das Vorkommen oder der Kreislauf der Regenwässer nach den verschiedenartigen Terrain-Verhältnissen erklären, welche die Gestalt der Oberfläche unserer Erd-Kugel bestimmen?

Die feste mineralische Rinde unserer Erdkugel ist nicht mit einem Wurfe gebildet worden. Die Bildung der verschiedenen Felsen-Massen, der verschiedenen Boden-Schichten, aus denen sie besteht, gehört verschiedenen Epochen an, welche die Geologie nach unzweideutigen Kennzeichen zu unterscheiden weiß. Immerhin wird es jedoch nicht unnöthig seyn, darauf aufmerksam zu machen, daß mehrere Productionen, welche die Wissenschaft heut zu Tage als gleichzeitig entstanden ansieht, sowohl nach ihrer inneren Natur, als nach ihrem äußeren Ansehen sehr von einander abweichen.

Zu dem mir gesetzten Endzwecke wird es genügen, hier nur dreierlei übereinander geschichtete Haupt-Bodenarten zu unterscheiden, deren jede mehrere Unterarten begreift, dieß sind von unten nach oben, von Alters her gegen die neuere Zeit zu gehen, die Ur- und Uebergangs-Bodenarten, die Bodenarten secundärer und jene tertiärer Entstehung.

Urboden.

Die uranfänglichen Boden-Arten sind selten und wenig stratificirt. *) Es ist sogar, man muß es zugeben, eine den einsichtigsten Naturforschern noch zweifelhafte Frage, ob im Granit jemals eine eigentliche Stratifikation vorkomme. Die Spalten und Risse der Granitfelsen, die Klüfte, welche jeden Gebirgs-Block von dem anstoßenden abscheiden, haben in der Regel eine geringe Breite und Tiefe, und communiciren selten unter einander. In den primitiven Boden-Arten sind also den

*) Diese Behauptung wird selbst denjenigen, welche schieferigen Boden mit Aufmerksamkeit untersucht haben, nicht mehr befremdend vorkommen, wenn sie sich die Mühe nehmen wollen, den Unterschied recht in's Auge zu fassen, welcher zwischen blätterigen und stratificirten Felsen obwaltet.

eingesaugten Wässern nur sehr beschränkte unterirdische Bahnen angewiesen; jeder Wasserfaden hat so zu sagen seinen ganz abgesonderten Lauf, ohne sich durch Aufnahme benachbarter Wasser-Adern zu verstärken. Die Erfahrung lehrt wirklich, daß in derlei Boden-Arten die Quellen sehr zahlreich, aber auch sehr unergiebig seyen, und daß sie in geringen Entfernungen von jener Gegend hervorquellen, in welcher die Einsaugung des Regenwassers vor sich gegangen ist.

Secundärer Boden.

Es wäre überflüssig, hier die umständliche Aufzählung der verschiedenen Felsen-Arten einzuschalten, welche der secundären Formation angehören. Wir werden uns mit der Bemerkung begnügen, daß diese Boden-Art im Allgemeinen in Gestalt weiter Becken erscheint, das heißt, daß derselbe gewöhnlich eine weite Strecke ziemlich eben fortläuft, dann aber in der Art ansteigt, daß dieser ebene Theil rings von Hügeln oder Bergen umfangen ist. Wir wollen noch beifügen, daß die secundären Felsen schichtenweise angeordnet sind; daß es unter diesen und zwar sehr mächtigen Schichten solche giebt, welche aus theilweise losem und das Wasser sehr leicht durchlassendem Sande bestehen; daß diese lockeren Schichten beim Ansteigen gegen den Rand des Beckens an den Abhängen der Hügel und Berge nackt zu Tage liegen, daß die Regenwasser auf dem Wege des Durchsickerns zusammenhängende Wasser-Behälter formiren können; daß diese Wasser-Vorräthe, sobald die Schichten stark abhängig sind, mit Schnelligkeit nach den tiefer gelegenen Theilen derselben abfließen müssen; daß diese abwärts strömenden Wässer in ihrem Laufe den Sand und selbst die zunächst liegenden Felsenstücke mitnehmen; daß folglich nach und nach unterirdische Ströme manche Stellen des ursprünglichen Gesteines einnehmen und da große Höhlungen bilden, wo anfänglich die Massen sich berührten.

Unter den secundären Formationen giebt es eine, nämlich den kreidigen Kalkstein, welcher in allen Richtungen von Millionen von Fugen durchfurcht ist. Es scheint also, daß die

Regenwässer in denselben mit Leichtigkeit eindringen und in solchen Massen bis zu den größten Tiefen umlaufen werden.

Tertiärer Boden.

Der tertiären Formation gehört die Stratifikation an, das heißt: sie besteht aus einer mehr oder minder beträchtlichen Zahl über einander gelagerter Schichten, welche nach Art der Steinlagen einer Mauer durch sehr saubere, regelmäßig gespaltene Fugen von einander getrennt sind.

Diese Formation neigt sich, wie die früher besprochene, zu der Becken-Form, bildet jedoch gewöhnlich Becken von geringerer Ausdehnung. Man darf nicht vergessen, daß diese Gestaltung von dem Umstülpen der Schichten sich herschreibe. Auch die constituirenden Elemente der tertiären Boden-Arten haben durch das Ansteigen der Schichten die bei solchen Formationen gewöhnlichen Umzäunungen von Abhängen und Hügeln gebildet.

Im Akte des Umstülpens der Gesammt-Masse dieser Boden-Strecken *) sind in den allermeisten Fällen sämmtliche Schichten geborsten, zerrissen, in Trümmer zerfallen; daher sie nackt liegen und an den Abhängen und Gipfeln der Hügel zu Tage ausgehen. Man wird sich eine ziemlich treffende Vorstellung von diesen Ereignissen machen können, wovon ich hier einen Begriff geben will, wenn man zehn bis zwölf über ein-

*) Der Ursprung der meisten Becken der secundären und tertiären Formation ist wirklich in dem Umstülpen der Schichten zu suchen, welche anfangs horizontal abgelagert wurden; manchmal hat aber auch eine Ablagerung der secundären und tertiären Boden-Arten in einem bereits bestehenden, von älteren Steinmassen begränzten Becken stattgefunden. In diesem letztern Falle laufen die Schichten dieser jüngern Formation horizontal, bis sie an die alten Felsenmassen stoßen, welche sie wie in einem Circus einschließen. Die oberste Schichte ist allein sichtbar, sie allein nimmt direkt den Regen auf. Die Regenwässer können zu den unteren Massen nur durch die Spalten der sie bedeckenden Schichten gelangen, mithin unter Bedingungen, welche dem Entstehen unterirdischer Wasser-Vorräthe nicht sehr günstig sind, wenigstens im Vergleich mit denjenigen, welche bei solchen Becken stattfinden, deren Umfassung aus umgestülpten Schichten zusammengesetzt ist.

ander liegende Blätter Papier in einen Katzenrücken aufbiegt und diesen Rücken vor sich aufstellt. Unter dieser Gestalt wird immer noch, so wie es der Fall war, als die Blätter flach über einander lagen, das oberste Blatt das zweite, dieses das dritte und sofort völlig verdecken. Stellen wir uns aber vor, durch dieses Biegen seyen (wie es z. B. der Fall seyn könnte, wenn wir steifes Kartenpapier genommen hätten) diese Blätter an dem Kranze des Rückens stellenweise geborsten, oder wir hätten demselben entlang eine Furche bis zu der Tiefe von 10 — 12 Blättern gezogen, alsbald wird jedes einzelne dieser Blätter sichtbar werden, es wird folglich jedes derselben den Einflüssen der Atmosphäre preisgegeben seyn, indem es nicht mehr von dem darüberliegenden geschützt wird.

In der Reihe der verschiedenartigen Schichten oder Blätter, aus welchen die tertiären Lagen zusammengesetzt sind und welche an allen Orten nach demselben Gesetze angeordnet sind, befinden sich auch abwechselnd mehrere das Wasser durchlassende Sand-Lagen. In diesen Schichten müssen sich die Regenwässer ausbreiten, und zwar in den abhängigen Theilen derselben schon vermöge der eigenen Schwere der Flüssigkeit; in der horizontalen Verzweigung dieser Schichten aber vermöge des Druckes, welcher von der in dem ansteigenden Theile der Schichte befindlichen, noch nicht abgelaufenen Wassermasse ausgeübt wird.

Nach der Art des Vorkommens oder der Lage der Wasser-Vorräthe können also die secundären und tertiären Formationen als verwandt betrachtet werden, mögen übrigens die Geologen noch so triftige Gründe gehabt haben, sie in anderer Rücksicht zu trennen. Wir haben hier nur einen einzigen Unterschied dieser zwei Bodenklassen bemerklich zu machen, auf welchen Hr. Julius Burat in seinem trefflichen Aufsatze über Artesische Brunnen bereits die Aufmerksamkeit der Praktiker hingelenkt hat: das ist, daß in dem secundären Boden diese Erscheinungen nach einem größeren Maaßstabe sich äußern, sowohl wegen der beträchtlichen Dicke der einzelnen Schichten und ihres minder häufigen Wechsels, als auch wegen der Stärke der unterirdischen Wasser-Strömungen. Hieraus erklärt sich

auch, warum in secundären Bodenarten Quellen so selten, dann aber auch um so reichhaltiger vorkommen.

Wir wollen zum Ueberflusse die Folgerungen, welche wir aus der Formation und eigenthümlichen Natur der beiden stratificirten Bodenarten abgeleitet haben, eine nach der andern noch einmal durchnehmen und sehen, ob die Beobachtung damit übereinstimmt.

Das Wasser circulirt ungehindert in jeder Tiefe im kreidigen Kalkstein.

Um diese Behauptung zu erweisen, brauche ich nur an die Wasserfälle zu erinnern, welche man in jeder Höhe aus den Spalten der Abhänge der Vorgebirge Blanc-Nez und Gris-Nez im Departement Pas-de-Calais hervordringen sieht; hier ist, kann man sagen, die Natur auf der That ertappt.

In den stratificirten Formationen finden sich große leere Räume, große Höhlen.

Wer sich von den vielfältigen verwickelten Kunstgriffen unterrichtet hat, welche man anwenden muß, um, selbst unter kleinen Dimensionen, Bögen und Gewölbe auszuführen, auf denen eine starke Last ruhen soll, der wird schwerlich vermuthen, daß im Innern der Erde große natürliche Höhlen vorkommen können. Was hilft jedoch dieses Raisonnement, wenn wir bei jedem Schritte in der freien Natur uns überzeugen müssen, daß es nicht stichhaltig sey?

Wer hat nicht von dem berühmten Felsen Torghat in Norwegen sprechen gehört, der einen geradlinigen Durchbruch von 49 Metres (25 Klafter) Höhe auf beinahe 1000 Metres (500 Klafter) Länge wahrnehmen läßt? Was sind dagegen alle von Menschenhand ausgeführten Gewölbe?

Die Höhle von Guacharo im Thal Canipe in der neuen Welt, wovon mein hochberühmter Freund, Hr. Alexander v. Humboldt, eine so interessante Beschreibung gegeben hat, zeigt als Eingangs-Pforte ein Gewölbe von 23½ Metres (72 Fuß) Höhe bei 26 Metres (80 Fuß) Weite, welches senkrecht in die Vorderfläche eines ungeheuren Felsens von der besondern

Art Secundar-Kalksteins, der unter dem Namen Jura-Kalk bekannt ist, eindringt. Diese Höhle behält die vollen Dimensionen des Einganges und dieselbe Richtung auf eine Strecke von 472 Metres (1453 Schuh). Der Aberglaube der Indianer gestattete nicht, weiter, als auf eine Strecke von 800 Metres vom Eingange zu rechnen, in dieselbe vorzudringen. Ein Fluß von 10 Metres (30 Fuß) Breite durchströmt dieselbe in dieser ganzen besuchten Ausdehnung von 800 Metres.

Die Adelsberger Grotte in Krain, in welche sich der Fluß Poick in der Art verliert, daß seine Wässer mehrmals verschwinden und wieder zum Vorschein kommen, wurde von Forschbegierigen bereits in einer Ausdehnung von mehr als zwei Meilen durchkreuzt. Ein großer See, über welchen man nur mittelst eines Bootes übersetzen könnte, hat bis jetzt der weiteren Erforschung Gränzen gesetzt. Wenn man den Berichten der neuesten Reisenden glauben darf, so übertreffen mehrere Abtheilungen, aus denen diese Höhle zusammengesetzt ist, an Länge, Breite und Höhe die Räume der größten Cathedralen.

Die Gips-Formationen bieten ebenfalls Gallerien mehrerer mit einander durch mehr oder weniger sich verengende Verbindungsgänge communicirender Grotten dar, welche sich manchmal auf ungeheure Strecken fortsetzen. Die Grotte von Wimalborg in Sachsen communicirt mit der Höhle von Cresfeld, welche mehrere Meilen weit davon entfernt ist.

Als merkwürdiges Beispiel einer senkrecht absteigenden natürlichen Auflösung des Bodens erwähnt man ferner Pontoppidan, ein ganz eigenthümliches Loch in der Nähe von Friedrichshall in Norwegen, allwo ein hinabgeworfener Stein erst nach zwei Minuten aufschlägt. Könnte man annehmen, daß der Fall des Steines ohne Anstoß, ohne jemals anzuprallen, vor sich geht, daß er nicht bald an diesem, bald an jenem Vorsprunge dieses Abgrundes aufgehalten werde, so würden die angezeigten zwei Minuten für die völlige Tiefe des Loches bei Friedrichshall mehr als 4000 Metres verbürgen; das will sagen, um 800 Metres mehr, als die Höhe des höchsten Gipfels der Pyrenäen beträgt.

In den stratificirten Gründen finden sich unermeßliche unterirdische Wasser-Vorräthe.

Wie wollte man zum Beispiel den Wasser-Behälter unter einem anderen Ausdrucke aufführen, aus welchem die Quelle von Vaucluse, wohl bemerkt zu jeder Jahreszeit, ihren Bedarf bezieht? Beim Hervorkommen aus den unterirdischen Felsen bildet diese Quelle alsogleich einen ganz eigentlichen Fluß (die Sorgue). In den Zeiten, wo sie am spärlichsten hervortreibt, beträgt ihr Wasser-Erträgniß, nach den Messungen des Hrn. M. J. Guerin, bei 444 Cubik-Metres in der Minute. In den Zeiten, wo sie am heftigsten anschwillt, liefert sie in derselben Zeit das dreifache Maaß dessen, was wir für ihren tiefsten Stand bemerkt haben, nämlich 1330 Cubik-Metres. Im mittleren Stande beobachtet man eine Ausströmung von 890 Cubik-Metres in der Minute; das giebt nahe an 1'300,000 Cubik-Metres für einen Tag und 468'000,000 Cubik-Metres im Jahre. Diese letztere Größe entspricht beiläufig gesagt, der gesammten Regenmenge, welche in diesem Theil Frankreichs jährlich auf eine Strecke von 30 Quadratmeilen niedergeht. *) Das auffallendste Beispiel einer unterirdischen Wasserschichte mit

*) Nach heftigen Regengüssen, welche ein sehr rasches Anschwellen der Quelle von Vaucluse bewirken, hat das Wasser derselben nicht seine gewöhnliche Klarheit. Es ist also ausgemacht, daß es Regenwasser ist, wie es sich in den Spalten verlauft, welches durch diese Quelle zu Tage geleitet wird. Leider sind hiemit unsere Nachrichten zu Ende. Man hat neuerlich behauptet, daß die Durance und das Becken von Vaucluse durch unterirdische Kanäle in Verbindung stünden. Die Besprechung dieser Hypothese kann heute zu keinem Zwecke führen, indem uns verläßliche, vergleichende Daten rücksichtlich der Niveaux der verschiedenen Punkte des Flußbeetes und der Grundfläche des natürlichen Brunnens, aus welchem die Quelle aufsteigt, bisher mangeln. Authentische Belege sprechen dafür, daß zwischen dem niedrigsten und höchsten Wasserstande dieses Brunnen-Trichters eine Niveau-Differenz von 21½ Metres (66 Fuß) obwalte. Dieses Faktum ist gewiß schwer zu erklären, aber wer könnte sich für ermächtigt halten, es deßhalb gar nicht berücksichtigen zu wollen?

wechselndem Niveau, welches man anführen kann, ist der Zirknitzer See in Krain. Dieser See hat ungefähr zwei Meilen Länge bei einer Meile Breite. In der Mitte des Sommers, bei trockener Zeit, fällt plötzlich sein Spiegel, und in wenigen Wochen ist er ausgetrocknet. Dann kann man deutlich die Abzugs-Löcher bemerken, durch welche sich die Wasser desselben verloren haben, sie gehen bald senkrecht abwärts, bald in der Richtung nach seitwärts gegen die Höhlen, von denen die umhergelagerten Berge wie Siebe durchlöchert sind. Unmittelbar nach dem Abzuge des Wassers wird die ganze Strecke, welche der See eingenommen hat, bebaut, und nach Verlauf von einigen Monaten halten die Landleute Heuernte oder schneiden Hirse und Roggen an derselben Stelle, wo sie vorhin Schleihen und Hechte gefischt haben. Gegen Ende des Herbstes nach dem Eintreten der in dieser Jahreszeit gewöhnlichen Regen kehrt das Wasser durch dieselben natürlichen Kanäle wieder zurück, welche bei dessen Verschwinden den Abzug vermittelt haben. Die eben bezeichnete Ordnung in dem Gange des Herein- und Zurücktretens des Wassers entspricht dem normalen oder mittleren Zustande. Durch Unregelmäßigkeiten in den atmosphärischen Erscheinungen wird derselbe häufig gestört. Es genügt oft ein tüchtiger Wetterregen in den um Zirknitz gelagerten Bergen, um ein Austreten des unterirdischen See's herbeizuführen und in wenigen Stunden das trocken gelegte Beet des oberen See's zu überschwemmen.

Man hat merkwürdige Unterschiede zwischen den verschiedenen Oeffnungen des Bodens beobachtet: einige derseben liefern nur Wasser, andere lassen nebst dem Wasser auch größere und kleinere Fische herauf, und es giebt eine dritte Art, aus welchen mitunter auch mehrere Wasser-Enten aus dem unterirdischen See heraufauchen *).

---

*) Diese Verschiedenheit der Producte, wenn man mir den Ausdruck erlauben will, der einzelnen Abzugslöcher des Zirknitzer See's ist nicht so schwierig zu erklären, als man auf den ersten Blick glauben sollte. Ein in den Boden hinabgehender Kiel, dessen unteres Ende tiefer, als an die Oberfläche des unterirdischen See's hinabreicht, wird zur Zeit der Erhöhung des Wasserstandes nichts in den oberen See zu Tage fördern können, was über dieser Ein-

In dem Augenblicke, als diese Enten durch den Wasserstrahl so zu sagen an das Tageslicht emporgespült werden, wissen sie sogleich recht gut zu schwimmen, sie sind völlig blind und fast ganz nackt. Das Gesicht bekommen sie in kurzer Zeit, aber erst nach 2 bis 3 Wochen ist mit Ausnahme der Kopffedern ihr völlig schwarzes Gefieder so weit hervorgewachsen, daß sie davon fliegen können. Valvasor besuchte den Zirknitzer-See im Jahr 1687. Er selbst fieng eine große Menge dieser Enten, und war Zeuge, wie die Landleute Aale zu 2 bis 3 Pfund, Schleihen von 6 bis 7 Pfund, endlich Hechte von 20, 30 und selbst 40 Pfund gefischt haben.

Wir haben es hier, wie man sieht, nicht nur mit einer

---

mündung im unteren See herumtreibt. Die Enten schwimmen an der Oberfläche des Wassers, es ist ihnen also das Auftauchen durch einen Kanal, wie der eben besprochene, unmöglich gemacht. Wenn im Gegentheile das untere Ende eines solchen Canales in den Luftraum oberhalb des Spiegels des unterirdischen See's ausgeht, so wird man es ganz natürlich finden, daß die unterirdischen Enten sich dahin flüchten, wenn das Niveau des See's steigt, und daß sie nach und nach mit dem steigenden Wasser bis an die Oberfläche herausgespühlt werden. Man wird auch auf eine eben so einfache Weise erklären können, warum manche Löcher niemals Fische heraufführen, wenn man berücksichtigt, daß ein solcher Kanal, der vielleicht oberhalb sehr weit, nach unten zu in kleine Löcher oder enge Spalten ausgeht.

Hr. John Russe erwähnt in seiner Reise durch Deutschland in den Jahren 1820, 1821 und 1822 der Enten nicht unter den lebenden Wesen, welche der untere Zirknitzer-See bei seinem Austreten gewissermaaßen aus dem Boden auftauchen läßt. Ich wollte hieraus schon den Schluß ziehen, daß diese Bewohner einer unterirdischen Welt mit den Zeiten Valvasor's, das ist seit dem Jahr 1687, vielleicht völlig zu Grund gegangen seyen, allein Hr. Landresse hat mir ein Reise-Journal von Girolamo Agapito mitgetheilt, welches in italienischer Sprache vor 10 Jahren in Wien aufgelegt wurde, und in welchem der See noch bezeichnet wird als rigurgitando delle anitre senza piume e cieche (ausspülend blinde Enten ohne Federn).

In eben diesen unterirdischen Wässern des Krainer Landes findet sich auch der Proteus anguinus, welcher in so hohem Maaße die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich gezogen hat.

ausgebreiteten unterirdischen Wassermasse, sondern mit einem förmlichen unterirdischen See zu thun, welcher den oberen See mit Fischen und Enten bevölkert.

Ich werde den Leser von dem Gange meiner Untersuchungen nicht ablenken, wenn ich durch ein paar Citate den Beweis liefere, daß Krain nicht das einzige Land sey, wo sich mit Fischen bevölkerte, unterirdische Wasserbehälter befinden, ja daß auch Frankreich obwohl in kleinerem Maaßstabe Zirknitzer-Seen besitze. Dieser letztgenannte See wird dann nicht mehr als ledigliches Spiel der Natur, als eine Anomalie erscheinen, welcher keine allgemein eingreifende Ursache zu Grund liegt; er wird vielmehr unter die ganz normalen Erscheinungen einzureihen seyn, deren Vorkommen mit der eigenthümlichen Beschaffenheit des Bodens und der geologischen Verhältnisse in engster Verbindung steht.

Mein erstes Citat will ich aus einem Werke entlehnen, welches ein beinahe hundertjähriges Alter besitzt, nämlich aus den Memoiren der Académie des Sciences von 1741. Ich finde auf der 37. Seite, daß nahe bei Sable in Anjou, mitten auf einer Art Haide sich eine Quelle, oder um sich eines treffenderen Ausdrucks zu bedienen, ein Schlund von 6 — 8 Metres im Durchmesser vorfindet, welcher im Lande unter dem Namen der Bodenlosen Quelle bekannt ist, und manchmal übertritt, wo sodann eine beträchtliche Menge Fische, vorzüglich eine ganz eigene Art rothgefleckter Hechte ausgespült werden. „Man hat Grund zu glauben," sagt der Sekretär der Akademie, „daß diese ganze Landstrecke als das Gewölbe eines darunter befindlichen See's anzusehen sey."

Am entgegengesetzten Ende Frankreichs, im Departement Haute-Saone, nahe bei Vesoul, bietet ein natürlicher Trichter, Frais-Puits genannt, verwandte Erscheinungen dar. Im Sommer und Herbste, wenn es durch zwei bis drei Tage einen ausgiebigen Regen gegeben hat, quillt das Wasser schäumend bei der Oeffnung des Frais-Puits hervor und bildet einen wahrhaftigen Gießbach, welcher die ganze Umgegend überschwemmt. Nach diesem Ueberlaufen, welches nur einige Stunden dauert, findet man öfter Hechte auf der Oberfläche jener Wiesen und

Felder, welche von den Wässern des Frais-Puits unter Wasser gesetzt waren.

Selbst in flachen Ländern findet man unterirdische Höhlen, von welchen Flüsse ganz und gar verschlungen werden.

Derlei Erscheinungen haben die Aufmerksamkeit der Alten in hohem Maaße erregt. So hat bereits Plinius unter den Flüssen, welche in den Boden verschwinden, den Alpheus im Peloponnes, den Tigris in Mesopotamien, den Timavus im Gebiete von Aquileja ꝛc. angeführt. Er reihete auch den Nil in dieselbe Kategorie ein, weil er, noch vor seinem Eintritte in das römische Mauritanien, sich durch drei Tagreisen seines Laufes verlieren soll, und eben solche 20 Tagreisen an den Gränzen von Ethiopien. Wir wollen zu Beispielen übergehen, welche uns näher liegen, besser constatirt und beobachtet sind.

Die Guadiana verliert sich in einem flachen Lande in der Mitte einer unermeßlichen Wiese. Daher nehmen die Spanier, wenn man ihnen von dieser oder jener großen Brücke Englands oder Frankreichs Rühmens macht, ihre Antwort, daß es in Estremadura eine Brücke gebe, auf welcher 100,000 Stück Hornvieh zu gleicher Zeit weiden können.

Die Maas verliert sich bei Bazoilles. Es scheint nicht, daß dieses Verschwinden schon seit gar langer Zeit stattfinde. Das ursprüngliche Beet, obwohl bebaut, bemerkt Hr. Hericart Thury, ist noch deutlich über dem unterirdischen Beete wahrzunehmen.

Die Drome in der Normandie verliert sich vollständig inmitten einer Wiese in ein Loch von 10 bis 12 Metres im Durchmesser, welches bei den Einwohnern unter dem Namen Fosse de Soucy bekannt ist; aber sie ist bereits sehr geschwächt, bis sie zu diesem Schlunde gelangt. Andere Löcher, welche in derselben Wiese vorkommen, obwohl sie weniger bemerklich sind, trinken (nach dem Local-Ausdrucke) den größten Theil ihrer Wässer.

In demselben Theile des französischen Gebietes verlieren sich auch kleintheilweise die Rille, der Iton, der Aure ꝛc. Es

finden sich nämlich in den Beeten dieser Flüsse von Strecke zu Strecke unterirdische Mündungen, Luftlöcher genannt, deren jedes einen Theil des obenweg fließenden Wassers einsaugt. Bis der Fluß zu dem Versenk-Loche gelangt, welches ihn gänzlich verschwinden macht, ist er in der Regel bereits auf einen schwachen Faden herabgekommen.

Es wäre leicht, diesen Citationen noch weitere beizufügen, selbst wenn man sich auf jene Flüsse beschränken wollte, welche völlig verschwinden. Und wie würde es erst gehen, wenn genaue Messungen auf alle jene Fälle führen würden, in welchen eine Abnahme, ein theilweises Verlieren der Flüsse stattfindet? Man wird weiter unten sehen, daß die Loire dann wahrscheinlich unter dieser Kathegorie eingereiht werden müßte.

Es finden sich häufig in den stratificirten Bodenarten abgesonderte Wasser-Vorräthe in verschiedenen Tiefen. Die zur Auffindung des Steinkohlen-Lagers bei St. Nicolas d'Aliermont nächst Dieppe unternommenen Arbeiten haben auf sieben ausgebreitete, sehr ergiebige Wasserschichten geführt. Hier folgen deren gegenseitige Positionen:

1ste	Schichte	in	einer	Tiefe	zwischen	25 — 30	Metres.	
2te	—	—	—	—	von	100	»	»
3te	—	—	—	—	zwischen	175 — 180	»	»
4te	—	—	—	—	— —	210 — 215	»	»
5te	—	—	—	—	von	250	»	»
6te	—	—	—	—	—	287	»	»
7te	—	—	—	—	—	333	»	»

Alle diese Schichten besaßen eine sehr große aufsteigende Kraft.

Als die Brunnen auf dem Schiffs-Ausweichsplatze bei St. Ouen gebohrt wurden, trafen die Hrn. Flachat auf fünf, völlig von einander abgesonderte, und sämmtlich der Ascension fähige Wasserschichten:

Die	1ste	in einer	Tiefe	von	36	Metres.	
—	2te	—	—	—	45½	»	»
—	3te	—	—	—	51½	»	»
—	4te	—	—	—	59½	»	»
—	5te	—	—	—	66½	»	»

Dieselben Werkmeister stießen auf vier solcher Schichten, als sie den Grund bei St. Denis auf dem Platze der fahrenden Post bis zu einer Tiefe von 63 Metres sondirten.

Die zu Tours von Hrn. Degousée aufgefundenen drei aufsteigenden Wasserschichten befanden sich unter den Fundamenten der Hauptkirche.

Die erste in einer Tiefe von	. .	95 Metres;
die zweite — — —	. .	112 —
die dritte — — —	. .	125 —

Die Versuche, welche in der Umgegend von London angestellt wurden, haben auch auf mehrere übereinander geschichtete Wasser-Vorräthe geführt. Dasselbe muß ich von denjenigen bemerken, welche in den vereinigten Staaten von Nordamerika vorgenommen wurden.

Es finden sich manchmal in den stratificirten Mineral-Massen, nebst den völlig oder doch beinahe stationären Wasser-Vorräthen, auch Vorräthe von fließendem Wasser, wahrhaftige unterirdische Ströme, welche ziemlich schnell in den leeren Zwischenräumen gewisser undurchdringlicher Schichten circuliren.

Unter dem Namen „unterirdische Wasserströmungen" will ich hier weder jene Flüsse begriffen haben, welche, wie die Poik in Krain, sich in die unermeßlichen Höhlen eines Berges verlieren, noch auch jene, welche aus derartigen Höhlen nach Art des Guacharo herauskommen. Ich will hier von solchen Strömungen sprechen, welche so zu sagen an die Stelle gewisser, in der Stratifikation vorkommenden Schichten, gewisser Ablagerungen des Urbodens, getreten sind, und deren Stelle völlig einnehmen.

Man wird sich vielleicht einigermaßen überrascht finden, wenn ich hiemit ankündige, daß sich unter dem Boden von Paris und seiner Umgebungen einige solche kleine unterirdische Flüsse herumtreiben. Hier folgt jedoch der Beweis dieser Behauptung.

Einige Arbeiter waren dazu angestellt, nahe bei den Barrieren von Fontainebleau in einer Niederlassung, welche unter dem Namen: **Brasserie de la maison blanche,** bekannt ist, den Grund anzubohren. Wie gewöhnlich, schritt diese Arbeit langsam vorwärts; allein plötzlich entschlüpft die Sonde den Händen der Arbeiter und fährt 7½ Metres tief in den Boden hinab. Wäre nicht die Handhabe gewesen, welche quer durch das Stiel-Loch der obersten Stange gieng, und welche durch das bereits gebohrte Loch nicht durch konnte, so wäre sie wahrscheinlich noch tiefer gesunken.

Als man die Sonde zurückzuziehen versuchte, überzeugte man sich, daß sie gleichsam aufgehangen war, daß ihre untere Spitze auf keinem festen Grunde aufstand, und daß eine heftige Strömung sie seitwärts stieß und in schwingende Bewegung versetzte. Das schnelle Hervorsprudeln der Wässer dieses unterirdischen Stromes gestattete nicht, die Beobachtungen weiter fortzusetzen.

An dem erwähnten Ausweiche-Platze bei St. Ouen überzeugte sich die Herren Flachat ebenfalls, daß die dritte der fünf aufsteigenden Wasser-Lagen, auf welche sie bei ihrer Arbeit stießen, eigentlich einen Fluß in einer Höhlung von beinahe ½ Metre Höhe vorstelle. Die Sonde sank in der That um 0,35 Metre. Die Strömung muß daselbst sehr heftig seyn, denn sie theilte der Sonde eine sehr merkliche schwingende Bewegung mit. Dieses zweifache Resultat (das Bestehen einer Strömung, und ihre Heftigkeit) konnte auch aus einer andern sehr bemerkenswerthen Thatsache entnommen werden. Wenn der Erd-Bohrer, welcher mit dem zerbröckelten Materiale der angebohrten Schichten vollgestopft war, zum Behufe der Ausleerung herausgezogen werden sollte, so genügte es, ihn nur bis auf die Höhe dieser dritten Schichte heraufzuziehen, wo er sogleich von allen Trümmern gereiniget ward. Stehende Wasserschichten bringen, wie es auch ganz begreiflich ist, nichts dem Aehnliches hervor.

Bei Stains, nahe bei St. Denis, hat Hr. Mulot ebenfalls in einer Tiefe von 64 Metres eine unterirdische Wasserströmung angetroffen, in welcher der Bohrer plötzlich um 1 Metre hinabgesunken ist.

Zu Cormeilles, im Departement der Seine und Oise, oscillirte die Sonde nach der Bemerkung des Hrn. Degousée, als man in einer Tiefe von 72 Metres auf die Gipslage gelangt war, unter der Einwirkung einer sehr heftigen unterirdischen Strömung, wie das Pendel einer Stockuhr.

Hier zuletzt noch einen augenfälligeren Beweis, als alle bisher angeführten, für die Existenz einer unterirdischen Strömung unter der Stadt Tours.

Den 30. Januar 1831, als die senkrechte Röhre des Springbrunnens auf dem Platze vor der Hauptkirche zu Tours ungefähr um 4 Metres verkürzt wurde, zeigte sich, wie zu erwarten war, allsogleich eine Zunahme des Wassers. Diese Zunahme betrug ungefähr ein Drittel des früheren Auslaufes; aber das Wasser, welches früher sehr klar war, ward nunmehr bei vergrößerter Ausfluß-Geschwindigkeit trübe. Durch mehrere Stunden förderte sie aus einer Tiefe von 109 Metres (335 Fuß) vegetabilische Reste herauf. „Hierunter befanden sich," sagt Hr. Dujardin, „Dornenzweige in der Länge von einigen Centimetres, welche durch langes Liegen im Wasser schwarz geworden waren; Stengel und Wurzeln von Sumpfpflanzen, welche noch weiß waren; Beeren von verschiedenen Gattungen, vorzüglich von Sumpfpflanzen, in einem so wohlerhaltenen Zustande, daß man nicht voraussetzen konnte, sie haben länger als 3 bis 4 Monate im Wasser gelegen. Man fand endlich Süßwasser- und Land-Muscheln. Alle diese Unreinigkeiten waren denjenigen ganz ähnlich, welche die kleinen Flüsse und die Bäche nach einem Uebertreten an ihren Ufern zurücklassen."

Diese Thatsachen liefern den unwidersprechlichen Beweis, daß die Wässer des dritten unterirdischen Beckens bei Tours nicht, wenigstens nicht ausschließend, von einem Durchsickern durch Sandschichten herrühren. Um Muscheln, Holzstücke &c. mit sich führen zu können, müssen sie sich frei in wahrhaftigen Kanälen bewegen.*)

---

*) Aus dem Umstande, daß die Beeren, als sie bei Tours ausgespült wurden, nicht zersetzt waren, entnimmt Hr. Dujardin, daß sie kein volles Jahr im Wasser befindlich gewesen seyn kön-

Wenn es erforderlich seyn sollte, den eben angeführten Beweisen über das Vorkommen rascher unterirdischer Strömungen an solchen Orten, wo man sie noch ganz kürzlich gewiß nicht vermuthet hätte, noch eine weitere Bestätigung beizufügen, so könnte man sich auch auf die Erscheinungen des merkwürdigen Brunnens bei Nismes berufen.

Bei großer Dürre reducirt sich der Ausfluß dieses Brunnens manchmal auf 1330 Litres (Pinten) in der Minute. Es darf jedoch nur nordöstlich von der Stadt, in einer Entfernung von 10 — 12,000 Metres (1½ deutsche Meile) regnen, und es wird sich, nach dem, was mir Hr. Valz schreibt, ein sehr rasches Anwachsen der Quelle bemerklich machen. Anstatt ihres schwachen Ergebnisses von 1330 Litres in der Minute wird eine Ausströmung von 10,000 Litres statt finden, und ungeachtet dieses ungeheuren Anwachsens wird die Temperatur des Wassers sich fast umgeändert haben.

---

nen. Aber die Epoche ihrer Reife ist im Herbste, und aufgefangen wurden sie im Januar. Aus diesem zweiten Umstande läßt sich also auf einen Aufenthalt von 3 bis 4 Monaten schließen. Hiergegen wird gewiß Niemand etwas einzuwenden haben. Ich möchte jedoch das Gleiche nicht auch von der weiteren Ansicht dieses Naturforschers behaupten, daß die Entstehung der Artesischen Brunnen von Tours nothwendiger Weise in einem der feuchten Thäler von Auvergne oder des Vivarais zu suchen sey.

Pierre de la Vallée berichtet: „daß auf den Strophadischen Inseln, nach den Erzählungen der Ordensbrüder, welche dieselben bewohnen, ein Brunnen vorkomme, welcher seinen Ursprung in Morea nehmen und von da unter dem Meeresgrunde bis zu diesen Inseln fortgehen müsse. In der That kommen mit dem Wasser dieses Brunnens nicht selten Dinge zum Vorschein, welche nur von dort aus hineingelangt seyn können. Es ist einmal eine Trinkschale heraufgetaucht, welche aus einem Flaschen-Kürbiß verfertigt und in Silber gefaßt war."

Ich habe nur noch beizufügen, daß diese Citation aus dem Werke Peter Perrault's, betitelt: „De l'origine des fontaines," entlehnt ist. In dem Jahrhunderte, in welchem wir leben, muß man nichts Außerordentliches vorbringen, ohne sich gewissermaßen zu verwahren.

Kurz, — es darf nur in der Ferne, in nordöstlicher Richtung regnen, so fängt die Quelle von Nismes an zu wachsen; folglich kommt deren Wasser aus der Ferne, durch weitausgehende Kanäle, wofür ebenfalls das Gleichbleiben ihrer Temperatur bei den stärksten und plötzlich vor sich gehenden Anschwellungen spricht. Das Anschwellen folgt in kurzen Intervallen nach dem Regen; mithin hat das Wasser rasch große Räume zurückgelegt, was der Natur des Durchsickerns völlig widerspricht, mag das Erdreich übrigens das Wasser noch so leicht durchlassen. Folglich wird der Brunnen von Nismes von einem oder mehreren unterirdischen Flüssen unterhalten.

Welche Kraft treibt die unterirdischen Wässer empor und bewirkt, daß sie noch über die Oberfläche des Bodens sich erheben?

Wenn man Wasser in eine nach Art eines lateinischen U gebogene Röhre gießt, so wird sich dasselbe in beiden Armen der Röhre in gleiches Niveau setzen, die senkrechte Höhe der Wassersäule wird in beiden Armen völlig dieselbe seyn.

Nehmen wir an, der linke Arm dieser Röhre würde sich nach oben in ein weites Wasser-Becken, welches ihn beständig gefüllt unterhalten kann, der rechte Arm aber werde gegen unten zu abgeschnitten, so daß nur ein kurzer senkrechter Stumpf überbleibt, und dieser letztere sey mit einem Hahne geschlossen. So wie dieser Hahn geöffnet wird, so wird das Wasser von unten nach oben durch den Stumpf des rechten Armes einen Springbrunnen bilden, welcher sich in der Luft zu der Höhe erheben wird, bis zu welcher das Wasser gestanden wäre, wenn dieser Arm nicht abgeschnitten worden wäre. Es wird um jenen Betrag in die Luft steigen, um welchen es bei'm Aufdrehen des Hahnes unter dem Niveau des Wasser-Vorrathes stand, aus welchem der andere Arm fortwährend unterhalten wird. *)

*) In der Wirklichkeit ist die Höhe der aufsteigenden Wasserstrahlen nicht ganz so groß, aber durch diese Differenz wird der Grundsatz nicht umgestoßen: sie rührt von der Reibung, von dem Widerstande der Luft und von der entgegenstrebenden Bewegung der aufwärts- und abwärtssteigenden Wassertheilchen her.

Die beiden eben aufgeführten Lehrsätze findet man häufig im Großen in Anwendung, den ersteren in den Souterazi's der Türken und bei dem größten Theile der Wasserleitungs-Röhren, welche dazu dienen, die Wässer einer hochgelegenen Quelle in die verschiedenen Viertel einer Stadt und die verschiedenen Stockwerke der Häuser zu leiten; den zweiten aber bei denjenigen unterirdischen Leitungen, welche zur Erregung von Springbrunnen bestimmt sind, z. B. jener von Kassel, Versailles, Saint-Cloud und in den Gärten der Tuilerien. Wenn die Römer das Wasser von einem Bergrücken zum andern hinüber leiten wollten, so erbauten sie mit großen Kosten in dem dazwischen liegenden Thale eine die Leitung enthaltende Brücke, wie jene des Gard, wie die Leitung von Jouy nahe bei Metz ꝛc. Die Türken wissen dasselbe Problem auf eine bei weitem nicht so kostspielige Weise zu lösen: sie errichten an dem Abhange des ersten Rückens eine hinabsteigende Röhre entweder von Mauerwerk oder gebranntem Thon oder von Metall, welche sodann durch das Thal nach dessen verschiedenen Einbiegungen fortläuft und zuletzt am andern Abhange wieder aufsteigt. In Folge des erwähnten physikalischen Gesetzes muß das Wasser, nachdem es in diesem Kanale das Thal passirt hat, beinahe um ebensoviel aufwärts steigen, als es herabgesunken ist. Daher stammt auch der Name Souterazi (Gleichgewicht des Wassers), welchen die Türken diesen Leitungs-Röhren geben, womit sie die Aquäducte ersparen.

Nun denken wir uns aber die Leitungs-Röhre nur bis in die Mitte dieses Thales fortgeführt, und gestatten wir der Flüssigkeit, womit sie gefüllt ist, nur einen Ausweg an deren oberem Rand, so wird das Wasser senkrecht in die Höhe steigen, und dieser Wasserstrahl wird um so höher reichen, je beträchtlicher die Anhöhe ist, von welcher der zugeführte Wasser-Vorrath herabsteigt. So verhält es sich mit allen Springbrunnen. Der halbe Souterazi, welcher den großen Springbrunnen in den Tuilerien hervorbringt, entlehnt seinen Zulauf aus einem Reservoir, welches auf den Höhen von Chaillot gelegen ist.

Dieses fruchtbare hydrostatische Gesetz, wovon ich eben zweierlei wichtige Applications-Arten bemerklich gemacht habe,

ist völlig unabhängig von der Gestalt der Röhre, in welcher die Flüssigkeit geleitet wird. Man nehme eine kreisrunde oder eine elliptische, eine vier- oder vieleckige, eine enge oder unermeßlich weite Röhre, man vervielfältige nach Belieben die Verengungen oder Verzweigungen dieser Röhre, immer wird das Wasser sich an allen Punkten derselben zur gleichen Höhe erheben, wo es Raum findet, um dem Drucke nachzugeben, welchen es erleidet.

Wir wollen uns nunmehr die Art und Weise in's Gedächtniß zurückrufen, wie die Regenwässer in gewisse Schichten der stratificirten Gründe eindringen; wir wollen es in's Auge fassen, daß es nur an dem Abhange der Hügel oder an ihrem Gipfel ist, wo diese Schichten nach einem Durchschnitte zu Tage liegen; daß es an diesen Stellen ist, wo sie ihr Wasser aufnehmen können, daß diese Reception also immer auf Anhöhen statt hat. Bedenken wir ferner, daß diese wasserleitenden Schichten, nachdem sie sich an den Seiten jener Hügel, durch deren Auftauchen sie einst zerrissen wurden, herabgesenkt haben, horizontal oder doch beinahe horizontal in die Ebene auslaufen; daß sie öfter zwischen zwei undurchdringlichen Lehm- oder Felsen-Schichten eingezwängt sind, und wir werden einsehen, daß es unterirdische Wasser-Vorräthe giebt, welche sich natürlicherweise unter denselben hydrostatischen Bedingungen befinden, wovon uns die Röhren der gewöhnlichen Leitungen und die Souterazi's ein Bild im Kleinen geben; ein in den Thalgründen durch die Sonde gebohrtes Loch, welches durch die oberen Erdschichten bis inclusive der oberen der beiden wasserdichten Schichten hinabreicht, zwischen welchen eine Wasserlage enthalten ist, wird daher den zweiten Arm der Uförmigen Röhre, wovon wir am Eingange dieses Kapitels gesprochen haben, oder, wenn man will, eines umgestürzten Hebers oder auch eines Souterazi vorstellen können. Die Flüssigkeit wird sich in diesem gebohrten Loche zu der Höhe erheben, welche der damit communicirende Wasser-Vorrath an den Abhängen des Hügels einnimmt, wo sie entstanden ist. Nunmehr wird Jedermann begreifen, wie in irgend einem bestimmten horizontalen Grunde die in verschiedenen Tiefen vorkommenden unterirdischen Wässer eine

verschiedene aufsteigende Kraft besitzen können; jeder wird sich ferner erklären können, warum derselbe Wasserzug an einer Stelle einen sehr hohen Strahl treibt, während er sich weiterhin kaum bis an die Oberfläche des Bodens zu heben vermag; die ganz natürliche Ursache dieser Verschiedenheit wird in Niveau-Differenzen zu suchen seyn.

Die eben entwickelte Erklärungsweise des Aufsteigens des Wassers in Artesischen Brunnen ist so natürlich, daß sie auch die erste war, auf welche die Physiker verfallen sind. In der That sagt J. D. Cassini schon im Jahr 1671: „Vielleicht kommen diese Wasser-Vorräthe (jene der gebohrten Brunnen zu Modena) durch unterirdische Kanäle von den Höhen der Appenninen, welche nur 10 Meilen von diesem Bereiche entlegen sind.“ Heutzutage scheint das Zutrauen zu dieser Theorie etwas erschüttert worden zu seyn; wir wollen sehen, ob mit genügendem Grund.

Es giebt in Island Quellen, Geyser genannt, aus welchen sich bald Säulen heißen Wassers, bald auch nur Dampf-Säulen zu beträchtlichen Höhen in die Luft erheben. Man hat den Ursprung dieser sonderbaren Erscheinung in der elastischen Kraft der Wasserdämpfe zu finden geglaubt, und man muß gestehen, daß aus dieser Annahme sich alle von den Reisenden berichteten Umstände auf ziemlich befriedigende Weise erklären lassen. Aber daraus, daß in Island, das will sagen: in der Nachbarschaft mehrerer aktiven Vulkane, der Dampf aufsteigende Wassersäulen erregt, wird keineswegs der bündige Schluß gezogen werden können, daß in unseren von Vulkanen befreiten Ländern die Artesischen Springbrunnen auch durch die Einwirkung einer Gasart bedingt seyen, und daß die einzige mögliche Ursache hievon in zusammengepreßter Luft zu suchen sey. Wie hat man überdieß übersehen können, daß die Geyser intermittiren, daß zwischen zwei auf einander folgenden Ausbrüchen eine kürzere oder längere Zeit völliger Ruhe statt habe; daß im Gegentheil die Artesischen Brunnen mit einer sich durch ganze Tage, Monate und Jahre gleichbleibenden Geschwindigkeit auslaufen. Alles Zusammenstellen so grundverschiedener Erscheinungen ist unzulässig.

Zusammengepreßte Luft, welche in einer unterirdischen Höhle eingeschlossen ist, kann einen Wasserstrahl der Röhre eines gebohrten Brunnens entlang nur mit der nothwendigen Rückwirkung aufwärts treiben, daß sie sich hiedurch immer mehr ausbreite, aber in dem Maaße, als sie mehr Raum gewinnt, wird sich auch ihre Druckkraft vermindern, und dieser Umstand müßte nothwendigerweise auch auf die Ausfluß-Geschwindigkeit influiren, mithin letztere immerfort abnehmen. Freilich lassen die Anhänger dieser Hypothese von Zeit zu Zeit in diese unterirdischen Behälter hinreichende Wasser-Vorräthe nachströmen, um den ursprünglichen Stand der Dinge wieder herzustellen, so daß die Luft, in welcher die treibende Kraft enthalten seyn soll, sich niemals merklich erweitern könne; aber haben sie denn hiebei nicht übersehen, daß diese vorgeblichen ergänzenden Wassersäulen nur unter der Bedingung und in dem Momente die ihnen zugeschriebene Wirksamkeit besitzen können, als sie eine hinreichende Druckkraft besitzen, um die Spannkraft der comprimirten Luft, welche sich ihrem Eindringen widersetzt, zu überwinden, eine Kraft also, welche derjenigen gleichkommt, die den Brunnen treibt; und ist es dann, bei'm Lichte besehen, nicht wieder diese Kraft, welche eigentlich in die Länge den Artesischen Brunnen treibt? Aber wenn diese Kraft in einzelnen Momenten als zum Treiben dieser Brunnen genügend vorausgesetzt werden muß, warum sollte sie es nicht immer seyn?

Mit einem Worte: bei vielen Maschinen sind comprimirte Luftmassen, gleichwie die unter dem Namen der Schwungräder bekannten Vorrichtungen, sehr geeignet, eine Gleichförmigkeit in die Wirkungen einer andern Triebkraft hineinzubringen, aber als Triebkraft für sich allein sind sie nicht fähig, ein so beständiges und ungeschwächtes Ausfließen, wie es bei Artesischen Brunnen stattfindet, zu bewirken.

Wir wollen andere Einwürfe von nicht minderem Gewichte übergehen, welche man gegen diese auf die Triebkraft unterirdischer comprimirter Luftmassen gestützte Theorie erheben könnte, und mit ein paar Worten eine andere, sehr sonderbare Hypothese erwähnen, welche dennoch seit einiger Zeit öfter laut geworden ist.

Die Wasserlage, in welche die durch die Sonde gebohrte, zum Aufsteigen des Wassers bestimmte Röhre hinabreicht, ist immer zwischen zwei undurchdringlichen Bodenschichten eingeschlossen. Die obere dieser beiden Schichten, welche mit dem ganzen Gewichte des obenaufliegenden Erdreiches belastet ist, muß nothwendigerweise, so sagt man, sich von oben nach abwärts senken und in gleicher Richtung auf diese Wassermasse einen Druck ausüben, welche darunter befindlich ist. Hierin liegt nun, sagen sie weiter, die eigentliche Ursache des Aufsteigens des Wassers.

Nehmen wir einen Augenblick an, daß diese behauptete Senkung wirklich statthabe. Drei mögliche Fälle werden dann in Betracht zu ziehen seyn: Entweder wird diese in einen Bauch sich herabsenkende Schichte immerfort sinken, bis sie die untere undurchdringliche Schichte erreicht hat, oder sie wird vor dieser Berührung an einem gewissen Punkte zur Ruhe kommen, oder aber: sie wird in eine schwankende Bewegung gerathen. Aber keine dieser drei Hypothesen verträgt sich mit dem, was man heutzutage über die Regelmäßigkeit des Auslaufes gewisser Artesischer Brunnen beobachtet hat. Nach der dritten Hypothese wäre das Auslaufen offenbar intermittirend; nach der zweiten würde es ganz aufhören, nachdem sich vorher eine gradweise Abnahme gezeigt hätte; nach der ersten endlich würde ebenfalls früh oder spät ein völliges Versiegen eintreten, vorzüglich bei jenen sehr zahlreichen Lokalitäten, wo die Wasserschichte eine sehr geringe Dicke hat.

Es wäre ein Leichtes, hier noch andere Einwürfe in Masse vorzubringen, ich halte es jedoch für zweckmäßiger, das Gewicht des einzigen wesentlichen Anstandes zu prüfen, welchen man gegen die behauptete Analogie der Artesischen Brunnen mit einem umgestürzten Heber oder mit den Souterazi's vorgebracht hat.

Einige dieser Brunnen, zum Beispiel jene von Lillers in Artois, gehen in der Mitte einer ausgedehnten Ebene auf. Nicht der unbedeutendste Hügel zeigt sich von irgend einer Seite; wo will man da, sagen die Gegner, die Wassersäulen hernehmen, deren Druck die unterirdischen Wässer bis zu dem höch-

sten Punkte ihres eigenen Niveau's erheben sollen? Ich werde antworten, daß man sie, wenn es seyn muß, außer dem Gesichtskreise in einer Entfernung von 15, 30, 60 und mehr geographischen Meilen zu suchen hat. Die Annahme der Existenz einer unterirdischen Wasserschichte, welche eine Ausbreitung von mehr als 100 Meilen hat, könnte nur in den Augen derjenigen als ein ernstlicher Einwurf gelten, welche gegen den Ausspruch der Wissenschaft annehmen, daß eine Landstrecke von 100 Meilen nicht derselben geologischen Structur angehören könne. Zum Ueberflusse folgt hier ein Faktum, welches diesen Knoten geradezu zerhaut.

Im Meeresgrunde steigen an manchen Stellen Süßwasser-Quellen auf, welche einen senkrechten Strahl bis an den Meeresspiegel emportreiben. Die Wässer dieser Quellen kommen augenscheinlich aus der Erde durch natürliche Kanäle, welche unter dem Meeresgrunde gelegen sind. Nun ist aber vor einigen Jahren ein englisches Geschwader, auf dem sich Hr. Buchanan eingeschifft hatte, bei stiller See im indischen Ocean auf eine ausgiebige Süßwasser-Quelle gestoßen, welche 125 See- (45 geographische) Meilen von Chittagong und ungefähr 100 See- (36 geographische) Meilen von dem nächstgelegenen Punkte der Küste entfernt war. Hier haben wir eine unterirdische Wasserströmung in einer Ausdehnung von mehr als 36 Meilen. Sobald uns aber ein unläugbares Faktum auf solche Zahlen führt, so zerfallen jene Einwürfe von selbst, welche gegen die Supposition der oben besprochenen Ausbreitung unterirdischer Wassergänge gerichtet sind.

Ueber den Einfluß der Ebbe und Fluth auf manche Artesische Brunnen.

Hr. Baillet hat die Beobachtung gemacht, daß das Niveau der Springquelle Noyelle-sur-mer im Departement der Somme mit der Ebbe und Fluth zugleich falle und steige. Es verhält sich, wie ich glaube, ebenso mit allen derlei Brunnen, welche in der Umgegend von Abbeville gebohrt wurden.

Im Falle, als man die Aenderungen des Niveau nicht direkt zu messen vermag, wird der Einfluß von Ebbe und Fluth

auf eine eben so zuverlässige Weise durch Abmessung der in den verschiedenen Zeitpunkten gelieferten Wassermenge bestimmt.

So liefert ein zu Fulham in der Nähe der Themse auf einer Besitzung des Erzbischofs von London in eine Tiefe von 97 Metres gebohrter Brunnen bald 363, bald 273 Litres Wasser in der Minute, je nachdem Fluth oder Ebbe herrscht.

Wir wollen sehen, ob diese Wirkung der Fluth so schwer zu erklären ist, als man dafürzuhalten scheint.

Wenn man in die Wand eines Gefäßes von was immer für einer Gestalt, welches mit Flüssigkeit gefüllt ist, eine Oeffnung anbringt, welche im Verhältniß zu den Dimensionen des Gefäßes unbedeutend ist, so wird die bei dieser Oeffnung vor sich gehende Ausströmung den durch die Flüssigkeit auf die Gefäßwände ausgeübten Druck nicht merklich ändern; zwei, drei, zehn solcher Oeffnungen, vorausgesetzt, daß auch auf alle zusammen noch die Bedingung einer verhältnißmäßig sehr geringen Ausströmung Anwendung finde, werden ebenfalls keine merkliche Aenderung desjenigen Druckes bewirken, welcher auf jeden nur etwas von einer solchen Oeffnung abstehenden Punkt des Gefäßes im Stande des Gleichgewichtes, als keine Bewegung in der Flüssigkeit stattfand, ausgeübt wurde. Setzen wir nunmehr voraus, diese eine oder die mehreren Oeffnungen seyen schon verhältnißmäßig bedeutend, dann wird sich Alles anders verhalten, und die Dimensionen dieser Oeffnungen werden den auf jeden Punkt des Gefäßes ausgeübten Druck, daher auch ihre gegenseitige Ausfluß-Geschwindigkeit modificiren. Wird eine dieser Oeffnungen verkleinert, so wird die Ausfluß-Geschwindigkeit der übrigen zunehmen.

Diese ausgemachten hydrodynamischen Gesetze werden auf die uns vorliegende Erscheinung ganz leicht ihre Anwendung finden.

Nehmen wir an, daß der unterirdische Strom, aus welchem ein Artesischer Brunnen seine Speisung erhält, auch zum Theil in das Meer oder zuvor in einen oberirdischen Strom abfließe, welcher jedoch auch den Einwirkungen der Ebbe und Fluth unterliegt, und daß dieser Abfluß bedeutend sey. Nach dem eben Besprochenen muß, im Falle dieser Abzug theilweise

gesperrt, gehemmt wird, der Druck an allen anderen Punkten der natürlichen oder künstlichen Kanäle, welche mit den Wässern dieses unterirdischen Stromes gefüllt sind, zunehmen. Der Ausfluß bei dem durch die Sonde gebohrten Loche wird also an Geschwindigkeit zunehmen, oder das Niveau des Wassers in einem solchen Brunnen steigen. Aber Jedermann wird einsehen, daß, wenn mit der Fluth das hohe Meer sich über den unterirdischen Abfluß lagert, hiedurch der äußere Druck gegen diesen Abzug erhöhet und daher in einer gegebenen Zeit eine geringere Wassermenge dieses unterirdischen Stromes in's Meer abfließen wird. Die Wirkung ist genau dieselbe, als wenn man die Oeffnung selbst verringert hätte, mithin müssen auch alle Folgen dieselben seyn: die Ebbe und Fluth des Meers bestimmt also auch ein gleichzeitiges Fallen und Steigen des Artesischen Brunnens. Dieß ist wirklich ganz und gar die Erscheinung, welche an den Brunnen von Noyelles und Fulham beobachtet worden ist.

Temperatur des Wassers der Artesischen Brunnen.

Von allen wissenschaftlichen Fragen, welche in den letztverflossenen Jahren besprochen wurden, ist sicherlich die Frage, ob die Erdkugel noch einige Spuren ihrer ursprünglichen Erhitzung beibehalten habe, eine der merkwürdigsten. Fourier hat die Lösung dieses großen naturhistorischen Problems auf eine sehr einfache Beobachtung zurückgeführt; er hat in der That bewiesen, daß, wenn die Erde ihre einzige Erwärmung von der Sonne erhalten würde, die Temperatur ihrer Schichten in jedem bestimmten Klima in allen ergründlichen Tiefen dieselbe seyn müßte, und daß ferner diese Temperatur mit dem an der Oberfläche beobachteten mittleren Thermometer-Stande übereintreffen müßte. Aber die in vielen Bergwerken in Masse angestellten Beobachtungen waren mit diesen Consequenzen keineswegs in Uebereinstimmung. Diese Beobachtungen konnten demungeachtet zu keiner allgemeinen Ueberführung durchdringen. Ein Stollengang wollte Manchen als eine Art von Laboratorium erscheinen, in welchem chemische Processe fortwährend großen Wärme-Ent-

wicklungen statt geben sollten. Man wollte weiter die Anwesenheit der Arbeiter, die angezündeten Fackeln, die Pulver-Entladungen als Ursachen zur Begründung der beobachteten höhern Temperatur geltend machen, und obwohl sehr minutiöse Berechnungen gezeigt hatten, wie ganz unzureichend die Zusammenwirkung aller dieser Einflüsse sey, um die beobachteten Erscheinungen zu erklären, so beharrte man doch hartnäckig bei den erhobenen Zweifeln. Eine Beobachtung, welche ich im Oktober 1821 bei der Gelegenheit angestellt habe, als ich gemeinschaftlich mit den Hrn. Colby, Kater und Matthieu durch geodätische Operationen die Küsten Englands und Frankreichs an einander zu knüpfen versuchte, führte mich auf einen Weg zur Lösung dieses Problems, welcher über alle Einwendungen hinaus ist. Ich fand die Temperatur der Quellen, welche am Fuß des Abhanges vom Kap Blanc-Nez hervorsprudeln, beträchtlich höher als die mittlere Temperatur des Wassers aus dem benachbarten Brunnen von Montlambert.

Die Bestimmung der Temperatur der springenden Artesischen Brunnen erschien mir von diesem Augenblicke an als Gegenstand einer vielfaches Interesse darbietenden Forschung; es kam mir vor, als ob die Wässer dieser Brunnen, zumal wenn sie einigermaaßen ergiebig sind, in derjenigen Temperatur zu Tage kommen müßten, welche den innerlichen, gewöhnlich horizontalen Schichten eigen ist, zwischen welchen sie eingeschlossen sind. Auf alle Fälle war es unzweifelhaft, daß in einem und demselben Lande, vorausgesetzt, daß der Erdkörper eine eigenthümliche Wärme besitze, um was es sich eigentlich handelte, das Maximum der Temperatur an denjenigen Wässern beobachtet werden müsse, welche von den tiefsten Brunnen herrühren. Auch habe ich seit beiläufig 14 Jahren ohne Unterlaß unmittelbar selbst oder durch Mithülfe meiner Freunde derlei thermometrische Belege gesammelt, welche auf eine so direkte Weise mit der Geschichte unseres Erdkörpers verknüpft sind. Ich hoffe sie ehestens dem Publikum vorlegen zu können. Ich werde nicht ermangeln, denselben diejenigen Folgerungen beizufügen, welche sich daraus ableiten lassen; hier muß ich mich darauf beschränken, mit Hülfe einiger besonders auserlesener Resultate

den Beweis zu liefern, daß die Temperatur der Artesischen Brunnen auf alle Fälle der Temperatur der Oberfläche überlegen ist, und zwar um einen Grad Celsius für je 20 bis 30 Metres Tiefe.

Paris.

Die mittlere Temperatur von Paris an der Oberfläche des Bodens ist .	+ 10°, 6 Celsius.
Die Temperatur der Springquelle an dem Ausweich-Platze von St. Ouen ist	+ 12°, 9 „
(Tiefe 66 Metres.)	

Departement du Nord und des Pas-de-Calais.

Die mittlere Temperatur der Oberfläche im Departement du Nord und des Pas-de-Calais ist ungefähr	+ 10°, 3 „
Der Artesische Brunnen von Marquette	+ 12°, 5 „
(Tiefe 56 Metres.)	
Der Artesische Brunnen von Aire .	+ 13°, 3 „
(Tiefe 63 Metres.)	
Der Artesische Brunnen von Saint Venant	+ 14°, 0 „
(Tiefe 100 Metres.)	

Sheerness an der Mündung der Medvay in die Themse.

Mittlere Temperatur der Oberfläche	+ 10°, 5 „
Temperatur des Artesischen Brunnens	+ 15°, 5 „
(Tiefe 110 Metres.)	

Tours.

Mittlere Temperatur der Oberfläche	+ 11°, 5 „
Temperatur der Artesischen Quelle .	+ 17°, 5 „
(Tiefe 140 Metres.)	

Namhafteste Tiefe Artesischer Brunnen, welche durch Menschenhand aufgeführt wurden.

Ich habe bereits angeführt, daß die Sond-Löcher, womit die Chinesen das Salzwasser in der Provinz Kia-ting-fou aufsuchen, bis zu einer Tiefe von 584 Metres (1800 Fuß) reichen, aber bei den denselben das Wasser nicht springt, so

kann man diese Löcher nicht unter die eigentlichen Artesischen Brunnen einreihen.

Die siebente Wasserschichte, welche bei St. Nicolas d'Aliermont angetroffen wurde, hatte eine Tiefe von 333 Metres (1025 Fuß); sie stieg bis an die Oberfläche. Da man übrigens nicht auf Wasser, sondern auf Steinkohlen ausgegangen war, so wurden die Arbeiten eingestellt. Demungeachtet bleibt es wahr, daß man hiedurch, ohne es zu wollen, einen ganz eigentlichen Artesischen Brunnen erzeugt hatte, dessen Wasser aus einer Tiefe von mehr als 1000 Schuh aufsteigt.

Ein in neuester Zeit in Genf bis zu einer Tiefe von 221 ½ Metres (682 Fuß) gebohrtes Sonde-Loch hatte demungeachtet keine aufsteigende Wasserschichte angetroffen.

Nahe bei Paris, zu Suresne auf dem Landgute des Hrn. Rothschild, haben die Hrn. Flachat eine bereits von Hrn. Mulot begonnene Sonde bis zu einer Tiefe von 215 Metres (663 Fuß) getrieben. Diese Sonde ist auf 175 Metres in Kreide eingedrungen. Man gab die Sache auf, als vielleicht nur noch $1/20$ Metre der Kreidelage zu durchbohren war, um zu der Wasserschichte zu gelangen. Es ist sehr zu wünschen, daß diese Arbeit wieder aufgenommen werde.

Die Quelle von Chewick im Park des Herzogs von Northumberland springt mehr als ein Metre über die Oberfläche des Bodens, und kommt aus einer Tiefe von 189 Metres (582 Fuß.)

Die tiefste Quelle in dem Departement des Pas-de-Calais ist zwischen Bethune und Aire. Ihr Wasser springt 2,6 Metres über den Boden, und kommt aus einer Tiefe von 150 Metres (461 Fuß).

Der gebohrte, so ausgezeichnet ergiebige Brunnen in der Cavallerie-Kaserne in Tours wird von einer Wasserschichte unterhalten, welche Hr. Degousée in der Tiefe von 133 Metres (399 Fuß) angetroffen hat. Die Wässer eines anderen Brunnens, welcher im Jahr 1834 in der Seiden-Manufaktur des Hrn. Champoiseau zu Stande gebracht wurde, kommen aus einer Tiefe von 140 Metres (420 Fuß).

Täglicher Auslauf der vorzüglichsten unter den bekannten Artesischen Brunnen. *)

Belidor hat schon in seiner Science de l'ingénieur einen Artesischen Brunnen, welcher in dem Kloster St. André auf eine halbe Meile von Aire in Artois gelegen ist, angeführt, dessen Wässer $3\frac{1}{2}$ Metres (11 Fuß) hoch über das Erdgeschoß aus dem Boden hervorschießt und bei zwei Tonnen Wasser in der Minute liefert.

Ich habe keinen rechten Begriff, was man hier unter einer Tonne zu verstehen habe. Ich vermag daher diese Abschätzung des **Belidor** nicht in Kubik-Metres umzuwandeln.

Die Artesischen Brunnen, welche die Hr. **Fabre** und

*) In der Nähe von Orleans befindet sich eine sehr ergiebige Quelle, Bouillon oder Source du Loiret genannt, welche als eine natürliche Artesische Quelle anzusehen seyn dürfte. Während der Trockenheit vom Jahr IX., einer der außerordentlichsten, deren die meteorologischen Journale gedenken, förderte der Bouillon demungeachtet, nach den Messungen des Hrn. **Tristan**, noch 3300 Litres Wasser in der Minute zu Tage. Man war ziemlich allgemein der Meinung, daß man in der Sologne den Ursprung der Wässer zu suchen habe, welche der Bouillon und einige kleine benachbarte Quellen ergießen; Hr. **Tristan** hat dieser Meinung entscheidende Argumente entgegengesetzt. Er hat darauf aufmerksam gemacht, daß der höchste Stand der Quelle mit dem der Loire zusammentreffe, was selbst damals stattgefunden habe, als letztere, wie 1800 am Ende des Frühjahres, nicht durch Regengüsse, sondern durch das plötzlich geschmolzene Schneewasser angeschwellt ward, welches von eingeschneiten Bergen des inneren Frankreichs herkam. Es kann daher nicht anders seyn, als daß eine unterirdische Verbindung zwischen der Loire und dem Bouillon statt habe. Es ist allerdings wahr, daß dieser Bouillon erst einige Tage, nachdem das Steigen der Loire bemerkt wird, trübes Wasser zu führen beginnt. Aber kann man sich hierüber wundern? Muß das Wasser bei'm Eintritte in diese unterirdischen Kanäle nicht gewissermaaßen filtrirt werden?

Auch die merklichen Temperatur-Unterschiede, welche die Source du Loiret nach den verschiedenen Jahreszeiten darbietet, zeigt, daß die Kanäle, durch welche ihre Wässer laufen, nicht sehr tief seyen.

Esperiquette bey Bages, in der Nähe von Perpignan, auf einer Besitzung des Hrn. Durand gebohrt haben, liefert 2000 Litres in der Minute.

Der Springbrunnen, welchen Hr. Degousée in Tours in der Cavallerie-Kaserne gebohrt hat, liefert, in einer Höhe von beinahe zwei Metres aufgefangen, 1110 Litres in der Minute.

Unter den zahlreichen springenden Artesischen Brunnen, welche in England existiren, ist meines Wissens der Brunnen in der Kupfer-Streck-Fabrik von Merton und Surey derjenige, welcher die größte Quantität Wasser liefert; diese Quantität beträgt 900 Litres in der Minute.

Der springende Artesische Brunnen, welchen Rivesaltes den aufgeklärten Ansichten seines Municipalrathes und der Geschicklichkeit der Hrn. Fabre und Esperiquette als Brunnen-Bohrmeistern verdankt, liefert 800 Litres Wasser in der Minute.

Ein frisch gebohrter Artesischer Brunnen in der Nähe von Lillers (im Departement du Pas-de-Calais) liefert bei einer Tiefe von einigen und 40 Metres 700 Litres Wasser in der Minute.

Artesische Brunnen, deren Wässer als Triebkraft verwendet werden.

In dem Dorfe Gouehem in der Nähe von Bethune hat man in einer Wiese vier Sondlöcher auf eine Tiefe von 40 Metres ausgebohrt. Die aus denselben aufsteigenden Wässer treiben die Räder einer Mühle, und werden überdieß zum Butterstoßen und andern Verrichtungen angewendet.

Zu Saint-Pol wird gleichfalls eine Mühle ganz allein durch fünf Spring-Quellen getrieben.

Zu Fontes nahe bei Aires treiben die Wässer von 10 gebohrten Brunnen die Räder einer großen Mühle, und bewegen überdieß die Blasebälge und Hämmer einer Nagelschmiede.

Zu Tours hat Hr. Degousée in der Seiden-Manufaktur des Hrn. Champoiseau einen Brunnen von 140 Metres Tiefe gebohrt, welcher 1000 Litres Wasser in der Minute in die Trogschuhe eines Rades von 7 Metres im Durchmesser ausgießt. Dieses Rad setzt alle anderen Getriebe der Manufaktur in Bewegung.

Zu Tooting nahe bei London bewegt der Strahl des Ar-

tesischen Brunnens des Apothekers ein Rad von 1⅙ Metre im Durchmesser, welches Rad wieder eine Pumpe treibt, womit das Wasser bis an den Giebel eines dreistockigen Hauses gehoben wird.

Ueber die Verwendung des Wassers der Artesischen Brunnen in der Industrie unter verschiedenen Verhältnissen.

Ich darf hier gewiß nicht erst an deren Verwendbarkeit zur Bewässerung und als gesundes Trinkwasser erinnern; dieses Kapitel ist bestimmt, den Leser auf weniger bekannte Applikationen derselben aufmerksam zu machen.

Die Artesischen Brunnen wurden auch in solchen Ländern als bewegende Kräfte aufgesucht, wo es an fließenden Wässern nicht mangelt; deren sich beständig gleichbleibende und verhältnißmäßig höhere Temperatur gestattet ihre Anwendung als treibende Kraft in den Hütten-Werken selbst in den strengsten Wintern, sey es unmittelbar, wenn sie hiezu ergiebig genug sind, oder mittelbar zum Schmelzen der Eisschollen, welche die Wasser-Räder hemmen.

In Würtemberg hat Hr. Bruckmann dadurch, daß er in zweckmäßig angebrachten metallenen Röhren Wasser aus einem Artesischen Brunnen, dessen constante Temperatur + 12° Celsius betrug, circuliren ließ, in mehreren Werkstätten beständig auf + 8° zu erhalten gewußt, während das Thermometer im Freien — 18° zeigte. Es ist dieß eine einfache Nachahmung einer Verfahrungsweise, welche bereits seit lange in dem Dorfe Chaud-Aigues angewendet wird. Das benimmt jedoch dem angeführten Resultat nichts an seiner Wichtigkeit.

Es giebt auch Glashäuser, in welchen das ganze Jahr hindurch eine sehr gleichförmige Temperatur durch Anwendung der Circulation einer großen Menge Wassers aus Artesischen Brunnen unterhalten wird.

Zu Zeiten starken Regens mußten die Arbeiten in den Papiermühlen häufig wegen der Trübung der erforderlichen Wässer ausgesetzt werden. Dieses unfreiwillige Feiern findet dort

niemals mehr statt, wo man sich der springenden stets klaren Wässer der Artesischen Brunnen bedient.

In einigen Oertlichkeiten haben die immer klaren und einer immer gleichbleibenden Temperatur sich erfreuenden Wässer der Artesischen Brunnen zur Anlegung von künstlichen, sehr produktiven Kressen-Plätzen geführt. Das herrliche Gedeihen der Kresse an solchen Stellen der Bäche, wo natürliche Quellen hervorkommen, hat den Gedanken dieser Benützungsart erweckt. Man versichert, daß die künstlichen Kressen-Plätze bei Erfurt nicht weniger als 30,000 Franken jährlich abwerfen.

Das Rösten des sortirten Leines, welcher zur Fabrikation der Battiste, Schleier, Spitzen ꝛc. bestimmt ist, wird in den nördlichen Departements mit besonderer Sorgfalt vollführt. In einer einzigen Gemeinde zwischen Douay und Valenciennes trifft man auf 10 — 12 Flachsrösten, welche sämmtlich mit Wasser aus Artesischen Brunnen versorgt werden.

Man glaubt beobachtet zu haben, daß die Klarheit dieses Wassers und dessen sich immer gleichbleibende Temperatur die Eigenschaft mit sich führe, einerseits die Auflösung der harzigen Bestandtheile zu befördern, und andrerseits die kostbarsten Sorten der Leinfasern nicht anzugreifen.

In den Teichen bemerkt man, daß die Fische im Winter wegen zu großer Kälte und im Sommer wegen zu großer Hitze abstehen. Werden jedoch die stets temperirten Wässer einer ergiebigen Artesischen Quelle in solche Teiche abgeleitet, so wird man diesen Extremen der Temperatur, welche die Jahreszeiten mit sich führen, vorbeugen. Der dießfalls in dem Teiche St. Gratien bei Montmorenci angestellte Versuch soll vollkommen geglückt seyn.

Man bohrt den Boden manchmal zu dem Ende an, um jene Wässer, welche, auf der Oberfläche undurchdringlicher Thon- oder Steinschichten zurückgehalten, beträchtliche Landstrecken morastig und unwirthbar machen würden, in das Innere der Erde abzuleiten.

Man könnte derlei Löcher, durch welche die Wasserschichten, welche aus Mangel an Abfluß an der Oberfläche stagniren,

sich in die Eingeweide der Erde ergießen, auch negative Artesische Brunnen nennen. Die Nothwendigkeit, die Mutter so vieler und so wichtiger Erfindungen, gab den Menschen bei Zeiten den Gedanken ein, in diesem Punkte der Natur nachzuhelfen.

Die Ebene von Paluns in der Nähe von Marseille war ein weites Sumpfbecken. Es schien unmöglich, dasselbe durch oberirdische Abzugsgräben trocken zu legen. König René ließ sohin eine große Anzahl Senklöcher graben, welche in der Sprache der Provençalen embugs (Trichter) genannt werden. Durch diese Löcher ergoß und ergießt sich noch heutzutage das Wasser, welches die ganze Gegend unfruchtbar machte, in jene absorbirenden Schichten, welche in einer gewissen Tiefe gelegen sind. Man versichert, daß es die durch die embugs bei Paluns eingesaugten Wässer seyen, welche nach einem unterirdischen Laufe die Springquellen im Hafen von Mion bei Cassis erzeugen.

Der Fluß Orbe im Jura, welcher aus dem See des Rousses abfließt, führt in den See Joux weit mehr Wasser, als letzterer durch die Verdünstung consumirt. Dennoch behält dieser letztere See, aus welchem kein Fluß hervorgeht, so ziemlich das gleiche Niveau. „Das kommt daher,“ sagt Saussure, „weil die Natur seinen Wässern unterirdische Abzüge verschafft hat, durch welche sie eingeschluckt werden und verschwinden.“ — — Da es für die Bewohner dieses Thales von der größten Wichtigkeit ist, diese natürlichen Abzüge in gutem Stande zu erhalten, ohne welche ihre Ackergründe und ihre Wohnungen bald in den Fluthen des See's begraben liegen würden, so verwenden sie auf deren Unterhaltung die größte Sorgfalt, und sind sogar darauf bedacht, sobald dieselben das Wasser nicht in hinreichender Quantität absorbiren, deren neue zu eröffnen. Hiezu genügt, Brunnen von 15 — 20 Fuß Tiefe und 8 — 10 Fuß Weite in die dünnen senkrechten Schichten einzuschlagen, deren Scheitel auf der Oberfläche zu Tage herauskommen. Diese Brunnen werden Trichter genannt. — — „Es sind,“ fährt Saussure fort, „die von allen diesen Trichtern absorbirten Wässer, welche man in einer schönen Quelle wieder zu Tage kommen sieht (ebenfalls Orbe genannt), die ¾ Meilen unter-

halb der nördlichen Seespitze hervorkommt." Auf dieser Strecke von ¾ Meilen fallen diese Wässer um 221 Metres (680 Fuß).

Ein Erdäpfelmehl-Fabrikant zu Villetaneuse, einem kleinen Dorfe eine Meile von St. Denis, hat sich in dem Winter von 1832 auf 1833 mittelst eines bis zu gewissen wassersaugenden Erdschichten hinabreichenden gebohrten Brunnens täglich eines Quantums von 80,000 Litres gesalzenen Wassers entledigt, dessen übler Geruch ihn sonst wahrscheinlich wegen der dagegen erhobenen Klagen genöthigt hätte, sein Etablissement zu verlegen. Nach fünf Monaten, während welcher eine tägliche Absorbirung stattgefunden hatte, traf man demungeachtet am Boden dieses Brunnens auf bloßen Sand. Auch leistet er bis gegenwärtig noch dieselben Dienste, wie bei seiner Errichtung.

Die Pächter des Weg-Amtes bei Bondy schaffen sich auf eben diese Weise alle 24 Stunden eine Quantität von 100 Cubikmetres Wasser vom Halse, welches ihnen sonst in ihren Arbeiten hinderlich wäre.

Ich schließe dieses Kapitel mit der Erwähnung jener sinnreichen Anwendung, welche Hr. Mulot von der absorbirenden Eigenschaft gewisser Steinschichten zur Lösung eines für St. Denis sehr wichtigen Problems zu machen verstand.

Das Wasser eines auf dem Stadt-Platze vor der Wagen-Post gegrabenen Brunnens gewährt im Sommer ein sehr schickliches Mittel zur Säuberung der Stadt; aber bei eintretendem Froste häufen sich durch dieses abfließende Wasser die Eiskrusten auf der Hauptstraße, und sind dem Verkehr sehr hinderlich. Dieser Uebelstand bewirkte, daß man einen für den Platz aux Gueldres projectirten neuen Brunnen beinahe aufgegeben hätte, als Hr. Mulot den Ausweg vorschlug, welchen ich nur mit wenigen Worten klar machen werde.

Wasser von vortrefflicher Qualität, welches aus einer Schichte von 65 Metres Tiefe aufsteigt, wird in einer metallenen Röhre von einer gewissen Dicke geleitet. Eine bedeutend weitere Röhre umhüllt dieselbe, und fängt in einer Tiefe von 55 Metres eine zweite Wasserschichte auf, welche noch immer trinkbar, aber nicht so vorzüglich wie die erste ist. Das von

dieser 55 Metres tiefen Wasserschichte kommende Wasser kann daher ausschließend in dem zwischen diesen beiden Röhren enthaltenen ringförmigen Raume aufsteigen. Ein dritter Cylinder endlich, beträchtlich weiter als der zweite, steigt, denselben umhüllend, bis zur Tiefe einer Wasserverschluckenden Schichte. Der ringförmige Raum zwischen dem mittleren und äußeren Cylinder liefert daher gar kein Wasser, er ist im Gegentheile dazu bestimmt, im Winter das nicht benützte Wasser der beiden aufsteigenden Schichten wieder in das Innere der Erde abzuführen, indem sich dasselbe sonst bei'm Ablaufen in den Straßen der Stadt zu einer dicken Eisrinde gestaltet hätte. Da übrigens in diesem Falle der abgeleitete Ueberfluß aus reinem Wasser besteht, so kann hier auch derjenige Einwurf nicht Platz greifen, welcher bei Gelegenheit der ähnlichen Vorrichtungen bei Villetaneuse und Bondy von der Besorgniß hergeholt wurde, daß das Wasser der benachbarten Brunnen durch unreine Infiltrationen verdorben werden könnte.

Anomalien, welche bei'm Bohren oder Spielen gewisser Artesischer Brunnen bemerkt worden sind.

Zu Bingel in dem Thale von Ternoise hat von drei im Jahre 1820 angestellten Bohrversuchen der erste eine schöne springende Quelle geliefert; die beiden anderen lieferten keinen Tropfen Wasser, obwohl alle drei sehr nahe an einander waren.

Die Gründe bei Lillers, St. Pol und St. Venant haben ähnliche Unregelmäßigkeiten dargeboten.

Zu Bethune hat eine Sonde, welche 23 Metres tief im aufgeschwemmten Lande und 10 Metres im Kalkgrund getrieben ward, einen schönen klaren Springbrunnen zu Tage gefördert. Im Garten der angränzenden Besitzung vermochte die Sonde nicht eine Spur von Flüssigkeit anzutreffen, obwohl das Loch 34 Metres tief in den Kalkstein fortgeführt wurde.

Diese Thatsachen, welchen man unzählige andere beifügen könnte, sind sie denn auch wirklich so befremdend, als man es behauptet hat?

Erinnern wir uns, daß die unterirdischen Wässer nur an

der Trennungsfläche zweier abgesonderten mineralischen Lager ausgedehnte Behälter, eigentliche Schichten bilden, daß im Gegentheile im Inneren einer solchen Felsenlage, vorzüglich der verhältnißmäßig am wenigsten dichten Felsen = Gattungen, zum Beispiel des kreidigen Kalksteins, das Wasser immer nur in einer Art von Rinnen oder Furchen sich vorfindet und umläuft, zwischen welchen sich völlig unzerfressene und undurchdringliche Kreidemassen ohne Risse befinden. Trifft das Sondloch auf eine dieser Rinnen, so wird das Wasser darin mehr oder weniger ansteigen, nach Maaßgabe des Druckes, welchem die Flüssigkeit in denselben ausgesetzt ist.

Geräth man aus Mißgeschick auf eine sehr dichte Stelle des Kalkfelsens, so hat man eine zu nichts führende Arbeit unternommen, aber in diesem fehlgeschlagenen Resultate liegt nichts Erstaunliches. Könnte man, anstatt das Wasser im Innern oder auch vielleicht nur an dem oberen Theile der Kreide-Masse aufzusuchen, die Sonden bis zu der undurchdringlichen Schichte durchtreiben, auf welcher diese Masse aufliegt, so würde man nicht mehr auf einzelne Wasserfäden oder Zellen, sondern auf eine wahrhaftige Schichte stoßen, und der Erfolg der Arbeit des Brunnenbohrmeisters würde nicht mehr zweifelhaft seyn.

Es giebt Lokalitäten, wie es bei der Stadt Tours der Fall ist, wo man so viele Artesische Brunnen und so nahe neben einander errichten kann, als man immer mag, ohne daß darum der eine dem anderen Eintrag thun wird. An anderen Orten im Gegentheile wird jede neue Bohrung alsbald entweder eine Verminderung des Auslaufes oder einen tieferen Stand des Niveau der bereits bestehenden Brunnen herbeiführen.

Die Erklärung dieser Verschiedenheiten wird denjenigen meiner Leser keine Schwierigkeit machen, welche das Kapitel, in dem über die Einwirkung der Ebbe und Fluth auf die Artesischen Brunnen gesprochen wurde, mit Aufmerksamkeit durchgegangen haben. Sie werden sogleich darauf kommen, daß im erstern Falle die Summe der Oeffnungen der aufsteigenden Röhren im Vergleiche mit der Ausdehnung der Wasserschichten, in welche

sie einmünden, nur sehr unbedeutend seyn werde; daß im zweiten Falle diese verhältnißmäßige Unbedeutenheit der Dimensionen, wodurch das Gleichbleiben des hydrostatischen Druckes bedingt ist, nicht vorhanden seyn werde. Diese Erscheinungen werden also gewissermaßen als eine versuchsweise Bestätigung des hydrodynamischen Gesetzes anzusehen seyn, welches wir in dem vorhergehenden Artikel für uns angeführt haben.

Der aufsteigende Strahl der beiden Artesischen Springbrunnen in der Papiermühle des Hrn. de la Garde in der Nähe von Coulommiers zeigte während der großen Trockenheit von 1827, also zu einer Zeit, wo beinahe alle gewöhnlichen Quellen versiegten, eine Erhöhung von $\frac{6}{10}$ Metre. Obwohl diese Erscheinung nur einige Tage anhielt, so bleibt sie demungeachtet höchst merkwürdig. Die Erklärung derselben muß erst noch gefunden werden.

Ich muß noch beifügen, daß nach der eben besprochenen Unregelmäßigkeit die Wässer dieser beiden Springbrunnen nach und nach wieder abnahmen, jedoch ohne bei diesem Sinken unterhalb ihres gewöhnlichen Niveau's herabzugehen.

Bei einem plötzlich eingetretenen Thauwetter, da vorher ein sehr tiefer Schnee gefallen war, ward Hr. Desguirandes, Maire von Choques, durch ein ungewöhnliches Geräusch aufgeweckt. Er verfügte sich sogleich in seinen Garten, und sah mit Erstaunen, daß der darin befindliche Artesische Springbrunnen auf das Dreifache seiner gewöhnlichen Höhe in die Luft aufstieg. Diese Erscheinung währte nur 5 — 6 Stunden.

Dieser Vorfall, dessen Kenntniß ich Hrn. Bergère verdanke, scheint mir als ein Beweis dafür angesehen werden zu müssen, daß das Aufsteigen des Wassers in Artesischen Brunnen wirklich nur die Folge eines hydrostatischen Druckes sey. In dem Augenblicke, als diese Erscheinung statt hatte, mußten in Folge des Thauwetters alle Fugen des, oberhalb Choques situirten, Terrains in ihrer ganzen Ausdehnung sich mit Wasser gefüllt haben, während sie gewöhnlich, selbst in der Regenzeit,

nur unterbrochene Wassermassen gebildet haben mußten. Aber jedermann weiß, daß jeder auch noch so dünne Faden Flüßigkeit genüge, um, unter Voraussetzung einer ununterbrochenen Wassermasse, einen sehr heftigen Druck auf dieselbe zu bewirken.

Es existirt zu Rochelle, 70 Metres von der Meeresküste, ein gebohrter Brunnen, in welchem die aufsteigende Wasserschichte, auf welche die Sonde gestoßen ist, unglücklicher Weise nicht über den Rand des Brunnens springt; sie bleibt 7 Metres unter derselben zurück. Die gesammte Tiefe dieses Brunnens ist bei 190 Metres. Durch vier Jahre blieb das Niveau dieser Wassersäule von 183 Metres Länge so ziemlich unverändert; aber im Jahre 1833, als man einige Versuche anstellte, um den Brunnen noch tiefer zu bohren, zeigten sich ungeheure Schwankungen im Wasserstande.

Den 1. Sept. bemerkte man ein Sinken um 48 Metres;
den 2. — betrug dasselbe 51 Metres;
den 3. — begann das Wasser wieder zu steigen;
den 2. October hatte das Wasser wieder seinen alten Stand erreicht;
den 3. — neuerliches Fallen;
den 4. — betrug dasselbe schon wieder 18 Metres;
vom 5. auf den 14. Oct. ein Steigen um 3 Metres;
vom 14. auf den 18. Oct. (in 5 Tagen) ein Sinken von 47 Metres;
den 19. Oct. begann das Steigen;
vom 19. Oct. bis zum 13. Nov. betrug dasselbe 38 Metres;
vom 14. bis 16. Nov. ein Sinken um 5 Metres;
den 16. Nov. neuerliches Steigen;
vom 16. Nov. bis zum 15. Dec. ein Steigen um 11 Metres.

Diese Oscillationen, welche sowohl durch ihre Unregelmäßigkeit, als ihren weiten Spielraum gewiß sehr befremdend sind, müssen erst durch eine längere Periode verfolgt werden, bevor man mit einiger Hoffnung auf Erfolg zu deren Erklärung schreiten kann.

Erschöpfen sich die Artesischen Brunnen im Verlauf der Zeit?

Man wirft häufig die Frage auf: ob anzunehmen ist, daß die Artesischen Brunnen sich mit der Zeit erschöpfen? Hier folgen zwei Beispiele, welche sehr geeignet sind, die Besorgnisse, welche man in dieser Beziehung hegen könnte, zu zerstreuen.

Der Artesische Brunnen von Lillers im Departement des Pas-de-Calais, dessen Errichtung, wie man sagt, in das Jahr 1126 hinaufreicht, hat fortwährend dieselbe Sprunghöhe über den Boden beibehalten. Die Wassermenge, welche er in 24 Stunden ausströmt, hat sich nie geändert.

Der Artesische Brunnen im Kloster St. André scheint heut zu Tage in Betreff der Höhe seines Strahles und der Wassermenge, welche er durch die obere Oeffnung seiner Röhre ergießt, in demselben Zustande sich zu befinden, in dem ihn Belidor vor beiläufig einem Jahrhundert beobachtet hat.

Gas-leitende gebohrte Brunnen.

Wenn man mit Hülfe des Brunnen-Bohrers in den Eingeweiden der Erde nach Wasser forscht, trifft man zuweilen, anstatt der gesuchten Flüssigkeit, auf große Gas-Behälter, aus welchen die eingeschlossene Luftart mit Schnelligkeit nach Oben entweicht. Dieses Gas ist in der Regel entzündlich; manchmal ist es reines Hydrogen-Gas, am häufigsten aber Kohlen-Wasserstoff-Gas, das will sagen jene Gas-Art, welche sich von selbst in den Steinkohlen-Lagern entwickelt und in den Grubengängen so schreckliche Unfälle veranlaßt; dieselbe, welche heut zu Tage zur Erleuchtung verwendet wird.

Die Chinesen haben viele Brunnen dieser Art. Das Gas, das sich aus demjenigen entwickelt, welchen Abbé Imbert vor einigen Jahren besuchte, war durch lange Röhren an mehr als 300 Feuerstellen vorbeigeleitet, wo es angezündet wurde. Man bediente sich dabei weiter gar keiner besondern Vorrichtung, um diese Ausströmung zu benützen. Die Straßen, die Hallen, die

Werkstätten waren ebenfalls durch dasselbe Gas erleuchtet, welches diesen Orten durch Bambus-Rohre zugeleitet wurde.

Es giebt in den vereinigten Staaten von Nord-Amerika mehrere Dörfer, in welchen man zur Erleuchtung der Straßen und Wohnungen jene Gas-Ausströmungen benützt, welche sich unaufhörlich seit einer langen Reihe von Jahren aus solchen Löchern entwickeln, mittelst welcher man nach Wasser gesucht hatte. *)

In den meisten Fällen sind die im Innern der Erde enthaltenen Gas-Behälter nicht zureichend, eine regelmäßige, längere Zeit anhaltende Ausströmung zu unterhalten. Zu Cormeille im Departement der Seine und Oise hatte, bei Gelegenheit einer daselbst von Hrn. Degousée vorgenommenen Brunnen-Bohrung, durch das Sondloch eine so reichliche Entladung von Wasserstoff-Gas statt, daß die Arbeiter durch einen ganzen Tag aussetzen mußten; aber nach drei- bis viermal 24 Stunden zeigte sich keine Spur mehr davon. Diese Erscheinung wiederholte sich neuerlich unter Begleitung derselben Umstände in der Nähe von Triest.

Kosten der Ausführung Artesischer Brunnen.

Es ist beinahe unmöglich, einen fixen Durchschnitts-Preis rücksichtlich des zum Bohren eines Artesischen Brunnens erforderlichen Aufwandes genau anzugeben. In gewissen Boden-Arten gehen die Arbeiten mit einer erstaunlichen Raschheit vor sich; in andern im Gegentheile ist diese Arbeit ganz unausführbar, theils wegen vorkommender Felsengründe, in welchen die besten Werkzeuge nicht weiter als um 2 bis 3 Centimetres in einem Tage vordringen, theils wegen rollender, loser Sandschichten,

*) Man liest im Plinius folgende Stelle: „Aus dem Berge Chimere nahe bei Phaselis schlägt eine unauslöschliche Flamme heraus, welche Tag und Nacht brennt.“ Der Capitän Beaufort hat im Jahre 1811 diese Flamme wieder aufgefunden. Sie ist augenscheinlich das Resultat einer Gas-Entbindung bei einer Erd-Spalte. Das hohe Alter dieser Erscheinung dünkt mir dieses Citat zu rechtfertigen.

oder wegen feuchter Letten- und Mergel-Lager, welche das Ziehen eines bleibenden aufsteigenden Kanals unmöglich machen.

Auch ziehen es die in diesem Industrie-Zweige bewanderten Werkmeister vor, tagweise zu accordiren, so daß ihre Arbeiter unter der Aufsicht des Bestellers stehen. In einem Prospectus des geschickten Werkmeisters Hrn. Degousée, welcher so glänzende Erfolge zu Tours zu erzielen wußte, finde ich, daß er die Bezahlung der sämmtlichen Arbeiter und die Anschaffung aller Erforderniße nach folgenden Durchschnitts-Preisen übernahm:

30	Franken des Tags bis zur Tiefe von				50 Metres;	
35	» »	—	—	—	—	50 — 100 Metr.
40	» »	—	—	—	—	100 — 133 —
50	» »	—	—	—	—	133 — 166 —
66	» »	—	—	—	—	166 — 200 — *)

Wenn man nach dem Metre überhaupt und für ein Terrain, in dessen Nachbarschaft noch keine Sondirung vorgenommen wurde, accordiren will, so ist die Unternehmung als ein

*) Wenn das Terrain günstig ist, so kann man Artesische Brunnen mit sehr mäßigen Unkosten graben lassen, indem man auf eigene Rechnung Brunnen-Bohr-Arbeiter aufnimmt.

Im Jahre 1820 ließ Hr. de la Garde auf seiner Papiermühle in der Nähe von Coulommiers zwei Brunnen bohren, aus welchen das von einer Tiefe von 22 Metres kommende Wasser ½ Metre über den Boden aufsteigt. Jeder dieser Brunnen kostete nur 500 Franken.

Von fünf Brunnen, welche zu St. Quentin in eine Tiefe von 20 bis 29 Metres bei den HH. Samuel Joly und Chartier gebohrt wurden, und ½ Metre über den Boden springen, hat jeder im Durchschnitt 450 Franken gekostet.

Vier Artesische Brunnen, welche freilich nur zu der unbedeutenden Tiefe von 9 bis 10 Metres in dem Etablissement des Hrn. Davilliers zu Gisors gebohrt wurden, haben zusammen nur 860 Franken, mithin jeder 215 Franken gekostet.

Zu Fontes, im Departement Pas-de-Calais, wurde ein Brunnen von 20 Metres Tiefe bei Hrn. Cuvillier um 6 Uhr des Morgens begonnen, und noch denselben Tag Nachmittags um 3 Uhr zu Stande gebracht. Der Strahl erhob sich 2 Metres über den Boden, und der Ausfluß beträgt 40,000 Litres in der Stunde.

Glücksspiel anzusehen. Der Werkmeister muß folglich seinen Tarif bedeutend erhöhen, um sich in diesen Preisen bei gelungenen Bohrungen von den Verlusten erholen zu können, welche ihn treffen, wenn die Arbeiten mißlingen und aufgegeben werden müssen.

Hr. Degousée hat bekannt gemacht, daß er bei solchen Accordirungen seine Preise für jede Abtheilung der Bohrung nach Verschiedenheit des Bodens zwischen folgende Gränzen gestellt habe:

von der Oberfläche bis zu 33 Metres Tiefe wenigstens 1000 Franken, höchstens 2500 Franken;

von 33 bis 66	Metres	wenigst. 1500 Fr.,	höchst. 3600 Fr.
von 66 — 100	» »	— 2200 »	— 4500 »
von 100 — 133	» »	— 3600 »	— 6000 »
von 133 — 166	» »	— 4500 »	— 8000 »
von 166 — 200	» »	— 5500 »	— 9000 »

Nach den Current-Preisen der englischen Brunnenbohr-Meister für die sehr günstigen Terrains der Umgegend Londons würden die Bohrungen

für einen Brunnen von	15 Metres	. .	63 Franken,
— — — —	30 » »	. .	230 » »
— — — —	60 » »	. .	875 » »
— — — —	90 » »	.	2000 » »

kosten; allein ich muß zugleich beifügen, daß, sobald man bei der Arbeit auf Geschiebe, harte Felsen oder rollenden Sand stößt, die in Anspruch genommenen Nachtrags-Zahlungen diese Normal-Preise übersteigen.

Die Röhren, welche die Brunnenmeister in den Mittelpunkt ihrer gebohrten Brunnen einsetzen, und in welchen, wenn der Brunnen beendigt ist, das unterirdische Wasser aufsteigt — diese Röhren, durch welche vermieden werden soll, daß nicht durch Ausbrechen kleiner Felsen-Brocken im aufsteigenden Kanale, oder ausgefressenen Sand, dessen Durchmesser in Kurzem verringert, oder derselbe ganz und gar verstopft werde*) —

*) Die Röhren, mit welchen man gewissermaaßen das durch die Sonde gebohrte Loch verkleidet, haben auch den Vortheil, die

diese Röhren, sage ich, kommen in dem Prospectus des Hrn. Degousée zu folgenden Preisen vor:

von Erlenholz mit eisernen Binden an den Einfügungen 15 Franken pr. Metre;
von Gußeisen mit Fügungen zum Schrauben 18 Fr. pr. M.
von Schwarzblech oder geschmiedetem Eisen von 3 Millimetres Dicke 20 Fr. pr. Metre;
von Kupfer 30 Fr. pr. Metre.

Die englischen Brunnenmeister verwenden zu diesem Zwecke dünnere und leichtere Röhren, Röhren aus Weißblech, das Metre zu 4 Franken im Preise.

Die hölzernen Röhren sind nicht so mangelhaft, als man denken sollte. In dem Artesischen Brunnen zu Lillers (Departement des Pas-de-Calais) haben sie bereits über 700 Jahre ausgehalten. Das Gerinne von Eichenholz an der Oberfläche bei der Ausmündung des Brunnens ist das Einzige, das jemals einer Reparatur bedurfte.

Die Metall-Röhren haben jedoch immer voraus, daß sie bei weitem nicht so dick sind, und daher den Durchmesser des Sond-Loches nur unbedeutend verringern.

---

reine Wasserschichte, welche man an die Oberfläche leiten will, von den oft weniger tauglichen Wasser-Schichten auszuscheiden, an welchen die Bohrung vorbeigekommen ist. Aber auch dann, wenn man das Wasser von allen diesen Schichten gesammelt haben will, ist das Röhrenziehen vortheilhaft; es verhindert, daß das Wasser während des Aufsteigens sich nicht zum Theil in die Spalten, die Fugen und die Sandlagen der Bodenschichten verliere, an welchen es vorbeigeht.

Ueber den Wärmestand unserer Erdkugel.

Aendert sich der Wärmestand der Erdkugel im Laufe der Jahrhunderte? Verbreiten sich diese Aenderungen über die Gesammt-Masse der Substanzen, woraus unsere Erde gebildet ist? Ist es im Gegentheile glaublich, daß dieselben nur auf der Oberfläche statt haben? Hat man, im einen wie im andern Falle, Belege dafür, daß, soweit die historische Kenntniß unserer Erde reicht, in diesem Zeitraume der Wechsel der Temperatur wahrnehmbar gewesen sey?

Dieß sind Fragen ersten Ranges unter denjenigen, mit deren Beantwortung sich die Physiker und Geometer in den letzten Zeiten mit dem schönsten Erfolge beschäftigt haben. Sie verknüpfen sich auf das Innigste mit den Fragen über die Zukunft und das Schicksal der kommenden Geschlechter. Sie führen zu annehmlichen Erklärungen vielfältiger Erscheinungen im Gebiete der Geologie. Natürlich eignen sich daher diese Fragen ganz vorzüglich zum Gegenstande eines dieser Aufsätze. Wir wollen sie unter allen Gesichtspunkten betrachten, und setzen uns zum Zwecke, eine möglichst vollständige und gemeinfaßliche Zusammenstellung der verschiedenen Resultate zu geben, welche die Wissenschaft hinsichtlich dieses Gegenstands bereits gewonnen hat.

Uranfänglich befand sich die Erde wahrscheinlich in glühendem Zustande. Bis heute hat sie einen namhaften Theil ihrer ursprünglichen Hitze beibehalten.

Wir werden in der Beweisführung dieser beiden Grund-Behauptungen wesentlich vorgeschritten seyn, wenn es uns gelingt, auszumitteln, in welchem Zustande, ob in flüßigem oder festem, die Erde sich beim Anbeginn der Dinge befunden habe. War die Erde bereits ein fester Körper, als sie sich um ihren Mittelpunkt zu drehen anfieng, so mußte sie, ungeachtet der drehenden Bewegung, beiläufig dieselbe Gestalt fortwährend beibehalten, welche ihr damals zufällig eigen war. Nicht also würde es sich bei der gegentheiligen Voraussetzung verhalten. Eine flüßige Masse nimmt nothwendiger Weise allmählig diejenige Gestalt an, durch welche das Gleichgewicht aller auf sie einwirkenden Kräfte bedingt war. Nun lehrt aber die Theorie, daß eine solche Masse, vorläufig vorausgesetzt, sie sey durchaus gleichartig, sich an den Endpunkten der Drehungs-Axe abplatten, um den Aequator aber anschwellen mußte; sie giebt auch das nothwendige Längen-Verhältniß der beiden Durchmesser. Die Theorie sagt uns ferner, daß in dem schließlich herbeigeführten Zustande des Gleichgewichts die allgemeine Form der Massen jene eines Ellipsoides sey; sie bezeichnet ebenso auch jene Abweichungen, welche sich aus einer Ungleichartigkeit der flüßigen Lagen ergeben können, auf welche nach den glaubwürdigsten Hypothesen der Physik geschlossen werden kann. Alle diese Resultate der Rechnung entsprechen auf eine wunderbare Weise sowohl in ihrem End-Ergebnisse überhaupt, als auch selbst der Zahl nach, den vielfältigen Vermessungen, welche in beiden Hemisphären zur Ausmittlung der Gestalt unserer Erde angestellt worden sind. Eine solche Uebereinstimmung kann unmöglich zufällig seyn.

Folglich ist die Erde ehemals in flüssigem Zustande gewesen.

Es ist zunächst unsere Aufgabe, die Ursache dieses Flüßigwerdens zu entdecken.

Im Anfange des Kapitels habe ich bereits ausgesprochen, diese Ursache liege im Feuer; allein das ist durchaus kein von jeher allgemein zugestandener Punkt. Die Geologen der neptunistischen Schule wollen keine andere, als einen durch Wasser bedingten flüssigen Zustand zugestehen. Nach ihrer Ansicht waren alle, doch so verschiedenen irdischen Substanzen ursprünglich in einer flüßigen Auflösung begriffen, und die feste Erdkruste (der Continent) hat sich lediglich im Wege der Ablagerung oder des Niederschlags gebildet. Die Plutonisten ihrerseits verwerfen durchaus das Prinzip der Auflösung. Will man ihnen glauben, so war die Flüßigkeit der unsern Erdkörper constituirenden Massen das Resultat einer sehr hohen Temperatur. Die Oberfläche ist durch Abkühlung in festen Zustand übergegangen.

Diese beiden Schulen, um nicht zu sagen Secten, so sehr sie sich anfeindeten, bekämpfen sich doch beiderseits mit nicht entscheidenden Argumenten, welche sie von partikulären geologischen Erscheinungen entlehnten, und welche einen kritischen Forscher gleichermaßen unbefriedigt und unentschieden ließen. Das wahre Mittel, diesen Kämpfen ein Ziel zu setzen, lag augenscheinlich darin, daß man Untersuchungen anstellte, ob sich denn im Innern der Erde noch Ueberreste, oder doch sichere Anzeichen der von den Plutonisten angefachten ursprünglichen Hitze vorfänden. Hierin liegt das eigentliche Problem, und es ist den vereinten Anstrengungen der Physiker und Geometer gelungen, demselben eine befriedigende Lösung zu geben.

An allen Punkten der Erde, sobald man bis zu einer gewissen Tiefe gelangt, zeigt das Thermometer keine Aenderung weder im Verlauf des Tages noch des Jahres; es zeigt beständig auf denselben Grad und dieselben Gradtheile während des ganzen Jahres und in allen Jahren. Das ist Factum; was sagt die Theorie?

Nehmen wir vorerst an, die Erde habe ihre Erwärmung lediglich der Sonne zu danken. Die auf diese Hypothese basirte Rechnung antwortet, daß unter dieser Voraussetzung 1) in einer gewissen Tiefe die Temperatur der Erde unveränderlich seyn wird; daß 2) diese auf der Er-

wärmung durch die Sonne beruhende Temperatur des inneren Erdkörpers sich nach der geographischen Breite ändern müsse. In diesen beiden Punkten stimmt die Antwort der auf obige Hypothese gebauten Theorie mit den Beobachtungen überein; allein wir haben noch deren weitere Folgerung beizufügen, daß nämlich unter einer bestimmten Breite die stätige Temperatur der unteren Erdschichten in allen Tiefen dieselbe bleiben müsse, wenigstens in so lange das Absteigen in die Tiefe im Verhältniß zum Erd-Halbmesser unbedeutend ist. Nun ist es aber eine heut zu Tage ausgemachte Erfahrung, daß es sich nicht also verhält. Die in vielen Minen angestellten Beobachtungen, die Untersuchung der Temperatur solcher Springbrunnen, welche aus verschiedenen Tiefen aufsteigen, haben zu dem Resultate geführt, daß die Temperatur im Verhältniß zur Tiefe mit jeden 20 bis 30 Metres um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers zunimmt. Wenn eine Hypothese zu Folgerungen führt, welche dermaßen mit dem reellen Sachverhalte im Widerspruch stehen, so ist sie falsch und muß verworfen werden.

Also ist es unwahr, daß die Temperatur der inneren Erd-Lagen der alleinigen Wirkung der Sonnenstrahlen zugeschrieben werden könne.

Ist es uns aber nunmehr klar geworden, daß diese Erscheinung der Einwirkung der Sonne nicht zugeschrieben werden könne, so muß die Ursache dieser regelmäßigen Wärme-Zunahme, welche aller Orten in dem Maaße wahrgenommen wird, als man in das Innere der Erde vordringt, in einer, der Erde eigenthümlichen, ursprünglichen Hitze liegen. Die Erde stellt sich heut zu Tage, so wie es die Schule der Plutonisten will, wie es schon Descartes und Leibnitz gewollt haben, wiewohl ihrerseits ohne ihre Meinung durch thatsächliche Beweise begründet zu haben, als eine inkrustirte Sonne dar, auf deren hohe Temperatur man sich ohne Weiteres berufen kann, wenn die Erklärung geologischer Erscheinungen dieselbe voraussetzt.

Ist man im Stande, ausmitteln, seit wie vielen Jahrhunderten die Erde sich abkühlt?

Die mathematische Theorie über die Wärme hat zu vielen Resultaten in der Art geführt, daß es nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft allerdings möglich war, deren numerischen Werth auszumitteln, d. h. dieselbe durch bestimmte Zahlen-Verhältnisse auszudrücken. Man ist aber auch auf solche Probleme gestoßen, welche man nur unter allgemeinen analytischen Formeln darzustellen im Stande ist. Unter diesen Formeln ist eine dazu bestimmt, den Werth der seculären Abkühlung, d. h. die Wärme-Abnahme unserer Erde während eines Jahrhunderts zu berechnen. In dieser Formel entspricht eine Größe der Anzahl der Jahrhunderte, welche seit dem Beginne der Abkühlung verflossen sind, wobei jedoch bemerkt werden muß, daß beim Beginne der Abkühlung die Gesammt-Masse als gleichförmig erhitzt vorausgesetzt wird.

Sehen wir, um wie viel wir durch Auffindung dieser Formel weiter gekommen sind. Die Auflösung des im Eingang aufgeworfenen Problems beruht nunmehr darauf, die seculäre Wärme-Abnahme unseres Erdkörpers zu erforschen; denn kenne ich den Wärme-Verlust während eines Jahrhunderts, so finde ich aus obiger Formel auch den Zeitpunkt des Beginnens der Abkühlung; und umgekehrt, wäre die Zahl der Jahrhunderte der Abkühlung gegeben, so könnte man aus der Formel den Werth der seculären Wärme-Abnahme finden.

Die Lösung der so vielfach besprochenen Frage über das Alter unserer Erde, selbst die Periode ihres Glühens mitbegriffen, beruht also auf der Beobachtung einer Thermometer-Differenz, welche übrigens, wegen ihrer mit unsern bisherigen Hülfsmitteln nicht aufzufassenden Kleinheit, künftigen Jahrhunderten vorbehalten ist.

In 2000 Jahren hat die Temperatur des Erdkörpers im Allgemeinen sich nicht um ein Zehntheil eines Grads geändert. Beweis dieser Behauptung, entnommen aus der Bewegung des Mondes.

Wir haben zugegeben, daß die Erde dereinst glühend gewesen sey, daß ihre feste Umhüllung auf dem Wege der Abkühlung sich gebildet habe. Es ist bewiesen, daß ihre Erhitzung selbst in mittelmäßigen Tiefen noch ungeheuer seyn müsse. Aus diesem letzteren Umstande geht hervor, daß sie sich beständig abkühlen müsse. Nun denn! wie die Ueberschrift dieses Kapitels anzeigt, werden wir aus der Bewegung des Mondes um die Erde den Beweis entnehmen, daß in 2000 Jahren die mittlere Temperatur der Erde, jedoch insoferne man die Temperatur der Gesammtmasse und nicht nur jene der Oberfläche in Betracht zieht, sich nicht um den hundertsten Theil eines Grades geändert haben kann.

Ich habe angenommen, daß, abgesehen von der Wichtigkeit eines solchen Resultates, es an und für sich das höchste Interesse erwecken dürfte, zu erfahren, in wie ferne zwei scheinbar so heterogene Erscheinungen, als die Hitze der Erde und die Bewegung eines Himmelskörpers, sich gegenseitig controliren können. Dieß ist die Aufgabe der folgenden Entwicklung. Ich hoffe mich übrigens in der Erwartung nicht getäuscht zu haben, es werde mir gelingen, den Lesern dieser Aufsätze, auch ohne alle Beihülfe der Rechnung, in diesen schwer darzulegenden Sachverhalt eine völlig entsprechende Einsicht zu verschaffen.

Nehmen wir an, es seyen an jeder Speiche eines gewöhnlichen Rades, wie es zum Beispiel die Scheerenschleifer gebrauchen, bedeutende Gewichte fest, jedoch so angebracht, daß man diese Gewichte an den Speichen nach Belieben entweder um die Axe des Rades zusammenschieben, oder gegen den äußeren Rand des Rades hinausschieben, oder auch an jedem beliebigen Punkte der Speiche festhalten könne.

Diese allgemeine Anordnung des Apparates wohl begrif-

fen, versetzen wir zuerst alle diese beweglichen Gewichte um die Axe, und suchen auszumitteln, welche Kraft wir auf die Kurbel ausüben müssen, um dem Rade die Geschwindigkeit einer Umdrehung in der Sekunde mitzutheilen.

Nach dieser ersten Erfahrung wollen wir an jeder Speiche das an derselben angebrachte Gewicht von dem Mittelpunkte des Rades gegen die Peripherie gleiten lassen. Das Rad wiegt nicht mehr, nicht weniger, als vorher, und dennoch wird nunmehr eine größere Kraft erfordert, um es von Neuem in Rotation, mit der Geschwindigkeit einer Umdrehung in der Sekunde, zu versetzen.

Ich bin überzeugt, daß niemand, der auch nur einen Blick auf diese Vorrichtung in den beiden beschriebenen Lagen geworfen hat, das angekündigte Resultat in Zweifel ziehen wird. Auf jeden Fall ist es sehr leicht, eine Art auszumitteln, wie man sich diese Erfahrung selbst verschaffen könne.

Nachdem also, um ein Rad von bestimmtem Gewichte mit einer bestimmten Geschwindigkeit in drehende Bewegung zu versetzen, eine desto größere Kraft erforderlich ist, je weiter die Elemente, aus denen das Gesammt-Gewicht zusammengesetzt ist, von dem Mittelpunkte des Rades entfernt sind, so ist es klar (denn es ist dasselbe Resultat in andern Ausdrücken), daß unter der Einwirkung einer bestimmten Kraft die Bewegung des Rades in dem Maaße nachlassen wird, als die verschiedenen Theile seiner Masse sich von dem Mittelpunkte der Drehungs-Axe entfernen.

Es ist jedermann bekannt, daß die Hitze alle bisher bekannten Körper ausdehnt, und die Kälte sie zusammenzieht. Je größer also die Hitze ist, welcher das in Rede stehende Rad ausgesetzt seyn wird, desto mehr wird es sich ausdehnen, d. h. desto mehr werden die Wasser-Theilchen, welche dieses Rad bilden, sich von dem Mittelpunkte der Drehung entfernen. Das Gegentheil wird bei Abnahme der Temperatur statt haben. Unter der Einwirkung derselben Kraft wird ein gegebenes Rad sich also um so schneller drehen, je kälter es seyn wird, und desto langsamer, je heißer es seyn wird.

Bei Instrumenten, welche zu genauen Messungen bestimmt sind, zum Beispiel bei Uhren, sind die Differenzen der Geschwindigkeit, welche sich von den durch den Wechsel der Temperatur in der Atmosphäre herbeigeführten Aenderungen in den Dimensionen der Räder herschreiben, so bedeutend, daß man sich genöthigt sah, dießfalls auf Abhülfe bedacht zu seyn.

Die bewegende Kraft bei allen Taschenuhren ist eine spiralförmig gewundene Stahlfeder, welche das ganze System der gezähnten Räder, aus welchen das Uhrwerk zusammengesetzt ist, immerwährend antreibt. Diese Räder bewegen sich jedoch nicht continuirlich, so zu sagen fließend, sondern stoßweise, mit Intervallen, wie das Anhalten des Sekunden-Zeigers nach jedem Weiterrücken deutlich zeigt. Nun denn! der Zeit-Intervall von einem Fortrücken des Sekunden-Zeigers zum andern, oder die Länge der durch die Uhr angezeigten Zeit-Sekunde (wovon allein die Länge der Minuten und Stunden abhängt) wird geregelt durch die Zeit, welche ein metallenes Rad, die Unruhe genannt, zu einer einmaligen Umdrehung bedarf. Wenn die entwickelten Grundsätze richtig sind, so muß folglich eine Uhr, welche nach der mittleren Temperatur gestellt ist, bei dem Steigen der Temperatur retardiren, weil die Unruhe, wegen ihrer Ausdehnung durch die Hitze, langsamer oscilliren, mithin die Sekunde zu lang angeben wird. Bei niedriger Temperatur im Gegentheile wird die Unruhe zu schnell schwingen, sie wird das Räderwerk in zu kurzen Intervallen anhalten, die Sekunden werden zu kurz seyn und die Uhr wird vorlaufen.

Diese unterschiedlichen Folgerungen werden auch durch die Erfahrung bestätiget. Die Uhren, bei welchen den Fehlern der Unruhe, auf welche wir eben geschlossen haben, nicht durch einen eigenen Kunstgriff, dessen Beschreibung hier nicht am Platze wäre, abgeholfen wird, gehen im Sommer zu spät und im Winter zu früh.

Diese umständliche Entwicklung wäre ganz überflüßig gewesen, wenn ich mir nicht zum Gesetze gemacht hätte, keinen Grundsatz der rationellen Mechanik einzuführen, ohne vorläufig

zu zeigen, wie man sich durch Versuche von dessen Richtigkeit überzeugen könne.

Alles, was ich von einem platten Rade gesagt habe, muß nothwendig auch Wort für Wort bei jeder wie immer gestalteten Masse Anwendung haben.

Denken wir uns zum Beispiel eine Kugel, welche sich in Folge einer ursprünglichen Einwirkung um sich selbst dreht. Nimmt sie in ihren Dimensionen zu, so wird die Umdrehungs-Geschwindigkeit abnehmen, die Kugel wird längere Zeit zu einer einmaligen Umdrehung brauchen. Zieht sich dagegen die Kugel zusammen, so wird die Geschwindigkeit zunehmen, sie wird in kürzerer Zeit eine Umdrehung vollbringen.

Was ist aber unsere Erde anders, als eine im Welt-Raume schwebende Kugel, welche jeden Tag, in Folge eines ursprünglichen Anstoßes, einen Umschwung um ihren Mittelpunkt vollbringt? Hieraus folgt, daß, wenn die Erde anschwillt, sie von Tag zu Tag langsamer rotiren wird; daß, wenn sie an Umfang abnimmt, sich diese ihre Bewegung beschleunigen müsse.

Die Stoffe, aus welchen die Erde gebildet ist, dehnen sich durch die Hitze aus, und ziehen sich in der Kälte zusammen. Jene, welche glauben, daß die Erde sich abkühle, räumen also hiedurch ein, daß ihr Halbmesser abnehme, daß ihr Umfang sich verringere. Aber es ist uns eben klar geworden, daß der Umfang sich nicht verringern könne, ohne daß die Umdrehungs-Geschwindigkeit zunehme. Die Frage, ob die Erde vor zweitausend Jahren denselben Temperatur-Grad besaß, wie im Jahre 1834, reducirt sich daher auf jene: ob zweihundert Jahre vor dem Anfange unserer Zeitrechnung die Erde genau in derselben Zeit eine Umdrehung vollendete, als sie heute dazu bedarf?

Unter der ersten Gestalt schien diese Frage entschieden thermometrische Bestimmungen vorauszusetzen, wovon die Alten keinen Begriff hatten. Dagegen werden wir in den Beobachtungen, welche sie uns überliefert haben, die Mittel finden, um zu erforschen, ob die Umdrehungs-Zeit der Erde sich unverändert erhalten hat.

Was ist in der That die Dauer einer solchen Umdrehung? Es ist nichts Anderes, als eine gewisse Zeit-Einheit, deren sich die Astronomen vormals bedienten, und von welcher sie noch gegenwärtig Gebrauch machen; — es ist, mit einem Worte, das, was sie den siderischen Tag, Stern-Tag, nennen. Es wird hinreichen, jeden Zweifel über diesen Gegenstand zu heben, wenn wir uns deutlich machen, wie dieser siderische Tag bestimmt wird. Auf jeder Sternwarte befindet sich eine mit Sorgfalt aufgeführte Mauer oder ähnliche Vorrichtung, welche auf das Genaueste in der Richtung von Süden nach Norden fortläuft. Der Astronom, welcher wissen will, ob seine Uhr nach der Stern-Zeit geht, notirt mit der möglichsten Genauigkeit den Augenblick, wann ein bestimmter Stern seine Stellung in der Verlängerung (über) dieser Mauer einnimmt. Den andern Tag wiederholt er dieselbe Operation mit demselben Sterne. Wenn genau 24 Stunden, nicht mehr nicht weniger, zwischen der ersten und zweiten Beobachtung nach seiner Uhr abgelaufen sind, so ist der Gang der Uhr richtig. Sie läuft vor, oder retardirt, je nachdem ihre Zeiger von einer Position des Sternes zur andern mehr oder weniger als 24 Stunden gezeigt haben. *)

*) Eine Uhr, welche nach Stern-Zeit gerichtet ist, eine Uhr, nach welcher genau 24 Stunden zwischen zwei auf einander folgenden Stellungen eines Sternes über der im Meridian liegenden Mauer abgelaufen sind, zeigt 24 Stunden 3 Minuten und 56 Sekunden für die Dauer des Sonnentages mittlerer Zeit, welche im gesellschaftlichen Leben angenommen ist. Dieser Unterschied ist leicht zu erklären.

Nehmen wir einen Stern in derselben Gegend des Himmels mit der Sonne an, das heißt geben wir zu, daß heute beide Himmelskörper zugleich mit einander durch die Ebene jener in der Mittagslinie liegenden Mauer gehen. Des andern Tages, wenn der Stern wieder in diese Stellung gelangt seyn, oder mit andern Worten, wenn der Sterntag abgelaufen seyn wird, wird die Sonne nicht mehr in dieser Stellung mit dem Sterne zusammentreffen; sie wird mehr gegen Osten stehen, und erst dann in ihre Stellung über der mittägigen Mauer eintreten, bis alle Punkte des Bogens, um welchen sie während eines Tages verrückt wurde,

Die Alten müssen den Stern-Tag für das Zeitmaaß der **Umdrehung des Himmels-Gewölbes** angesehen haben, weil sie die Erde für unbeweglich hielten. Die Neueren haben nachgewiesen, daß die Erde sich drehe; daß, indem der Stern in die Ebene der im Meridian liegenden Mauer einzurücken scheint, es in der That die Mauer ist, welche dem Sterne entgegengeht. Sie mußten daher nothwendig darauf geführt werden, **in dem Stern-Tage die Dauer einer Umdrehung unserer Erde zu erkennen.**

Wir haben die Frage in Betreff der Temperatur, deren Beantwortung uns obliegt, auf ein Problem rücksichtlich eines Zeitmaaßes zurückgeführt, weil die Alten das Thermometer nicht kannten. Was habt Ihr damit gewonnen, wird man sagen, da doch das Alterthum eben so wenig Uhren kannte, oder doch auf keinen Fall eine dergleichen Maschine auf uns gelangt ist? Ich werde aber zeigen, daß zur Bestimmung der Dauer des Stern-Tages vor 2000 Jahren uns ein unendlich besserer Anhaltspunkt gegeben ist, als solche alte Maschinen, deren Identität bestritten werden könnte, und welche überdieß durch die Jahre unvermeidlich gelitten haben müßten.

Der Mond ist nicht unbeweglich im Raume: man sieht ihn von Westen nach Osten allmählig alle Sternbilder des Thierkreises durchlaufen.

Die eigene Bewegung des Mondes hat zu allen Zeiten die Aufmerksamkeit der Menschen an sich gezogen; sie haben vorzüglich seine Geschwindigkeit zu messen gesucht. Aber das Maaß einer Geschwindigkeit setzt eine Zeit-Einheit voraus; diese Einheit war, wir können es annehmen, der Sterntag.

Soll die Wahl des Sterntages als Zeit-Einheit zur Auflösung des Problems der Geschwindigkeit des Mondes keinem Einwurf Raum geben, so muß die Dauer dieses Tages, oder, was dasselbe ist, die Dauer einer Umdrehung unserer Erde muß

---

durch den Meridian gegangen sind. Aber die Zeit, welche der Bogen der täglichen Verrückung der Sonne braucht, um durch den Meridian zu gehen, beträgt im mittleren Werthe 3 Minuten und 56 Sekunden.

mit der eigenthümlichen Geschwindigkeit ihres Satelliten in keinem Zusammenhange stehen. Diese Unabhängigkeit findet wirklich und zwar in der Art statt, daß, wenn die Erde plötzlich aufhören würde, sich um ihren Mittelpunkt zu drehen, der Mond demungeachtet fortwährend alle Sternbilder des Zodiakus durchlaufen würde, wie bisher. Die Alexandrinische Schule hat uns Beobachtungen hinterlassen, aus denen man mit sehr großer Genauigkeit berechnen kann, welches im Mittelwerthe der Weg gewesen sey, den der Mond vor 2000 Jahren während eines Sterntages zurückgelegt hat. Die Astronomie der Araber liefert uns die Elemente zu der gleichen Bestimmung für die Zeiten der Kalifen. Es giebt keinen Katalog über Beobachtungen neuerer Zeit, in welchem man nicht für den jedesmaligen Zeitpunkt den Werth der mittleren Bewegung des Mondes während der Dauer eines Sterntages angegeben findet.

Aber der Bogen, welchen unser Satellit während eines Sterntages zurücklegt, ist genau derselbe, mag man ihn aus den Beobachtungen der Griechen, der Araber oder der Neueren berechnen. *)

*) Wenn man die rohen Beobachtungen zu Grund legen würde, so wäre der Tagesbogen des Mondes in der griechischen, arabischen und modernen Epoche nicht derselbe. Seit der Zeit der Chaldäer hat die Geschwindigkeit des Mondes in der That immerfort zugenommen; aber diese Accelerirung ist von der Natur derjenigen, welche man in der Astronomie mit dem Namen Störungen belegt.

Sie beruht auf einer Abnahme der Excentrität der Ellipse, welche die Erde jährlich um die Sonne beschreibt. Wenn diese Excentrität, welche bisher im Abnehmen war, zunehmen wird, so wird die Geschwindigkeit des Mondes in gleichem Maaße abnehmen, wie sie bisher zugenommen hat, und so wird dieses Ab- und Zunehmen der Mondes-Geschwindigkeit periodisch fortgehen. Man wird daher diese im Texte behauptete Stätigkeit der Mondes-Geschwindigkeit erst dann herausbringen, wenn man, wie es geschehen muß, bei diesen Beobachtungen die Störungen in Anschlag bringt, welche die Bewegung der Erde um die Sonne auf die Bewegung des Mondes ausübt.

Als ich oben anführte, daß die Geschwindigkeit des Mondes mit der Bewegung der Erde in keiner Beziehung stehe, so war

Dieses wichtige Resultat schließt die Lösung der aufgeworfenen Frage in sich. Wenig Worte werden hinreichen, dieß zu beweisen.

Der Astronom zu Alexandria hat durch direkte Beobachtungen die Dauer seines Sterntages oder die Dauer einer Umdrehung der Erde bestimmt. Er beobachtete den Gang des Mondes genau durch diesen Zeitraum, und zeichnete den Bogen auf, welchen er durchlaufen hatte. Ebenso war das Verfahren der arabischen Astronomen; dieß ist auch immer noch die Methode, welche die Neueren beobachten. Mithin richtete sich Jeder nach der Dauer des Sterntages seiner Zeit. Aber weil der Mond, wie wir ausgemacht haben, sich immer mit derselben Geschwindigkeit bewegt, so kann die Größe der durchlaufenen Strecke nur ganz allein von der Länge der Zeit abhängen, durch welche man seine Bewegung verfolgt hat. Wenn der Sterntag zu Zeiten des Hipparchus länger gewesen wäre, als er es heut zu Tage ist, so würde der griechische Astronom den Mond durch eine längere Zeit beobachtet haben, als es bei unsern neueren Beobachtern der Fall ist; die tägliche Verrückung dieses Himmels-Körpers würde größer befunden worden seyn, als sie es gegenwärtig ist; seine Geschwindigkeit würde scheinbar abgenommen haben. Aber der Tagbogen des Mondes hat genau dieselbe Größe zu allen Epochen; folglich hat seit den ältesten Beobachtungen das Wort Sterntag beständig den gleichen Zeitverlauf bezeichnet; und ebenso [weil Sterntag und Dauer einer Umdrehung unserer Erde gleichbedeutende Größen sind,] ist die Umdrehungs-Geschwindigkeit unserer Erdkugel seit 2000 Jahren sich beständig gleichgeblieben, folglich hat auch ihr Umfang sich nicht geändert; und es ist also schließlich auch die

---

von der Rotation der Erde die Rede. Ich berühre dieß, damit man hierin nicht etwa einen Widerspruch zu finden glaube, welcher nicht besteht.

Alle diese Entdeckungen über die Geschwindigkeit des Mondes und die Anwendung hievon zur Erforschung der Unveränderlichkeit des Tages und der Temperatur der Erde gehören Laplace an.

Temperatur, welche keine Aenderungen erleiden kann, ohne daß es am Umfange bemerklich wäre, stationär geblieben.

Diese Entwicklungen sind alle sehr einfach, und ich hoffe, daß man sie ohne Schwierigkeit aufgefaßt haben wird. Es ist noch übrig, in Zahlen anzugeben, welcher Genauigkeit diese Methode fähig sey.

Nehmen wir an, daß die mittlere Temperatur in der Richtung eines jeden Halbmessers der Erdkugel seit 2000 Jahren um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers abgenommen habe. Nehmen wir als Normal-Ausdehnung der irdischen Massen, aus welchen die Erde gebildet ist, die Ausdehnung des Glases an, das ist ungefähr um einen hunderttausendsten Theil für einen Grad. Ein Grad der Abnahme in der Temperatur einer jeden diametralen Richtung der Erde, würde eine Verringerung ihrer Dimensionen um einen hunderttausendsten Theil herbeigeführt haben. Ich habe am Eingange dieses Artikels versucht, begreiflich zu machen, wie eine Verringerung des Durchmessers eine Vermehrung der Rotations-Geschwindigkeit zur Folge hat; die Gesetze der rationellen Mechanik erlauben uns, weiter zu gehen: sie lehren uns, daß der Verminderung um einen hunderttausendsten Theil in den Dimensionen einer Kugel eine Vermehrung der Umdrehungs-Geschwindigkeit um einen fünfzigtausendsten Theil entspreche. Der Sterntag wäre daher um die Gesammtzahl der Sekunden, aus denen er besteht, getheilt durch 50,000, das ist: um $^{86400}/_{50000}$ Sekunden oder um eine und sieben Zehntheile einer Sekunde, kürzer geworden. Die Beobachtungen der eigenen Bewegung des Mondes beweisen, daß seit den Zeiten Hipparch's der Sterntag nicht einmal um den hundertsten Theil einer Sekunde abgenommen hat *), eine Größe, welche den 170sten

*) Vielleicht wollte man eine so erstaunliche Genauigkeit nicht glauben, wenn ich nicht beifügte, wie man dazu gelangt ist.

Nehmen wir an, man hätte zur Ausmittlung der Unveränderlichkeit des Sterntages in jeder Epoche als Maaß den Weg angenommen, welchen der Mond während eines dieser Tage zurücklegte, so wie eine direkte Beobachtung denselben anzugeben

Theil von $1\frac{1}{7}$ Sekunde beträgt. Mithin ist die Aenderung der Temperatur, welche wir oben vorausgesetzt haben, 170mal größer, als dieselbe nach den Beobachtungen über die Dauer des Sterntages allenfalls noch angenommen werden könnte, oder in 2000 Jahren hat die mittlere Temperatur der ge=

---

vermag. Bis zu welchem Grade der Genauigkeit wird man auf solche Weise gelangen?

Mit Hülfe der besten Instrumente, über welche die neuern Astronomen gebieten können, kann der Bogen, welchen der Mond während eines Sterntages zurücklegt, beiläufig bis auf eine Gradsekunde genau bestimmt werden. Um eine Gradsekunde zurückzulegen, braucht der Mond zwei Zeitsekunden nach Sternzeit. Wenn man daher bei Bestimmung der Mondes=Bewegung um eine Gradsekunde gefehlt, zum Beispiel eine solche Sekunde zu viel herausgebracht hätte, so ist es dasselbe, als wenn man den Sterntag um zwei Zeitsekunden zu lang angenommen hätte, was sehr weit von der im Texte behaupteten Genauigkeit entfernt ist. Es ist aber auch nicht die Beobachtung eines einzigen Tages, woraus wir die Größe der täglichen Verrückung des Mondes ableiten.

Setzen wir voraus, man habe den Bogen gemessen, welchen dieser Himmelskörper in 10 Tagen durchlaufen hat. Dieser Bogen wird zehnmal so groß seyn, als jener, welcher der Verrückung eines Tags entspricht; aber die Unsicherheit in der Bestimmung dieses Bogens aus der Beobachtung wird darum doch nur eine Sekunde betragen. Diese Unsicherheit findet lediglich bei der Beobachtung des Ein= oder Austritts des Mondes (beim Anfang oder Ende der Beobachtung) statt. Jedermann wird aber einsehen, daß diese Beobachtung und die damit verknüpfte Schwierigkeit durchaus dieselbe sey, mag der von dem Monde inzwischen durchlaufene Bogen noch so groß oder noch so klein seyn. Will man daher die Größe des Tagbogens haben, so wird man den in zehn Tagen durchlaufenen Bogen in zehn Theile theilen, und der in dem ganzen Bogen begriffene Beobachtungs=Fehler wird auf den Tagbogen nur noch im Verhältniß von 1 zu 10 einwirken, oder der Tagbogen wird bis auf einen Zehntheil einer Gradsekunde genau bestimmt seyn, wodurch der Sterntag bis auf zwei Zehntheile einer Zeitsekunde genau bestimmt ist.

Wenn wir weiter den von dem Monde in 200 Tagen beschriebenen Bogen (oder eigentlich die während dieser Zeit beschriebene Mondesbahn, indem diese Bahn viele Umkreise einschließen würde) messen und zur Bestimmung des Tagbogens diese ganze Bahn durch 200 theilen würden, so würde der hierin enthaltene Beob=

sammten Erdmasse nicht um 1/170 Grad des hunderttheiligen Thermometers sich geändert.

Man wird die Ungewißheit, in der wir noch über die Ausdehnbarkeit der verschiedenen Substanzen unseres Erdkörpers schweben, zuverlässig hinlänglich in Anschlag gebracht haben, wenn wir annehmen würden, daß hiedurch die Genauigkeit des erhaltenen Resultats um das Zehnfache oder gar um das Siebenzehnfache verringert werden könnte. Demungeachtet wäre noch bewiesen, daß die mittlere Temperatur der Erdkugel (jederzeit vorausgesetzt, daß die Erde als Masse sowohl in ihrem Innern, als an der Oberfläche in Betrachtung gezogen werde,) in 2000 Jahren zuverlässig nicht um ein Zehntheil eines Grades sich geändert habe.

Hat die ursprüngliche Hitze der Erdkugel, deren Wirkungen in einer gewissen Tiefe noch so fühlbar sind, einen wesentlichen Antheil an der gegenwärtigen Temperatur der Erd-Oberfläche?

Mairan, Buffon, Bailly schätzen die Wärme, welche aus dem Innern der Erde entflieht, für Frankreich, im Sommer 29 mal und im Winter 400 mal so hoch, als jene, welche wir von der Sonne erhalten. Demnach würde die Erwärmung, welche sich von dem uns erleuchtenden Gestirne herschreibt, nur einen sehr kleinen Antheil jener Wärme ausmachen, deren glücklichen Einfluß wir verspüren.

Diese Ansicht wurde mit vieler Beredtsamkeit in den „Jahrbüchern der Akademie," in den „Epoques de la nature" von Buffon, in den Briefen von Bailly an Voltaire über den Ursprung der Wissenschaften und über die Atlantis entwickelt; aber der geistreiche Roman, welchem diese

---

achtungs-Fehler einer Gradsekunde in dem auf solche Art bestimmten mittleren Werthe eines Tagbogens nur noch mit dem zweihundertsten Theil einer Gradsekunde oder dem hundertsten Theil einer Zeitsekunde enthalten seyn.

Auf diesem Wege wird man einsehen, daß man zu der unglaublichen Genauigkeit gelangen konnte, deren im Texte erwähnt ist.

Annahme zur Grundlage dient, verschwand wie ein Gespenst vor der Strenge der mathematischen Berechnungen.

Fourier, nachdem er entdeckt hatte, daß der effective höhere Stand der Gesammt-Temperatur der Erd-Oberfläche im Vergleiche mit derjenigen, welche aus der alleinigen Wirkung der Sonnenstrahlen hervorgehen würde, in einem nothwendigen und bestimmten Zusammenhange mit dem Wachsen der Temperatur in verschiedenen Tiefen stehen müsse, hat aus dem erfahrungsgemäßen Werthe dieser letzteren Wärme-Zunahme eine numerische Bestimmung des fraglichen höheren Temperatur-Standes der Oberfläche abzuleiten gewußt; ich meine die thermometrische Einwirkung der innerlichen Hitze auf die Oberfläche. Und was fand der gelehrte Secretär der Akademie anstatt der großen Zahlen, welche Mairan, Bailly, Buffon angegeben haben? Den dreißigsten Theil eines Grades!

Die Oberfläche der Erde, welche in ihrem ursprünglichen Zustande wahrscheinlich glühend war, hat sich also im Laufe der Jahrhunderte so sehr abgekühlt, daß sich kaum eine wahrnehmbare Spur ihrer anfänglichen Temperatur erhalten hat.

Jedoch in gewissen Tiefen ist die uranfängliche Hitze noch ungeheuer!

Die Folge der Zeit wird große Aenderungen in der Temperatur des Inneren mit sich bringen. An der Oberfläche (und die Erscheinungen an der Oberfläche sind es allein, welche die Existenz der lebenden Wesen berühren oder bedrohen können,) sind alle Aenderungen in dem dreißigsten Theile eines Grades begriffen. Das schreckliche Einfrieren der Erdkugel, welches Buffon für den Zeitpunkt verkündigte, wenn die innerliche Hitze sich völlig verflüchtiget haben werde, ist also ein bloßer Traum.

Ist die Temperatur der Himmelsräume veränderlich? Kann diese Temperatur die Ursache eines Wechsels in den irdischen Klimaten werden?

Fourier hat seit einigen Jahren in die Theorie der Klimate eine Betrachtung aufgenommen, auf welche bisher gar kein Bedacht genommen wurde, oder wovon die Physiker wenigstens ausdrücklich keine Meldung machten. Er hat auf den Einfluß hingewiesen, welchen die Temperatur jener himmlischen Räume ausüben muß, in welchen die Bewegungen der Planeten vorgehen, in welchen insbesondere die Erde jährlich ihre ungeheure Bahn um die Sonne beschreibt.

Nachdem wir selbst unter dem Aequator gewisse Berge mit ewigem Schnee bedeckt sehen, nachdem wir sehen, wie schnell die Temperatur in den atmosphärischen Schichten abnimmt, was die Luftschiffer während des Aufsteigens ihrer Luftballons beobachtet haben, so sind die Meteorologen auf den Gedanken gekommen, daß in jenen Regionen, in welche die Menschen wegen der außerordentlichen Verdünnung der Luft nie gelangen können, und vorzüglich, daß außerhalb der Atmosphäre eine wunderbare Kälte herrschen müsse. Es war nicht nur nach hunderten, sondern nach tausenden von Graden, womit sie dieselbe gemessen haben wollten! Doch das war eine närrische Uebertreibung. Die hunderte, die tausende von Graden haben sich nach der strengen Prüfung Fouriers auf 50 bis 60 Grade reducirt. Zwischen 50 und 60 Graden unter Null schwebt die Temperatur der Räume, welche die Erde alljährlich durchschifft; auf diesen Grad würde ein Thermometer in der ganzen Region unseres Systems weisen, wenn die Sonne sammt den sie begleitenden Planeten vernichtet würde.

Fourier ist zu diesem Resultate gelangt, indem er untersuchte, welche Erscheinungen statt haben müßten, wenn die Erde sich in einem abgeschlossenen, aller Wärme ermangelnden Raume befände. Nach dieser Hypothese, sagt er, müßte in den Polar-Gegenden eine bei weitem größere Kälte herrschen, als die Beobachtung ergeben hat. Der Wechsel der Tage und

Nächte würde rasche Temperatur-Abstände von ungeheurer Intensität herbeiführen 2c. 2c.

Es ist sehr zu wünschen, daß das Memoire, in welches der gelehrte Secretär der Akademie die Beweise dieser wichtigen Sätze aufgezeichnet hat, nicht verloren gegangen sey, und daß sich das Publikum derselben bald erfreuen könne.

Die Wärme *) der himmlischen Räume, von welcher Intensität sie auch seyn mag, schreibt sich wahrscheinlich von der Ausstrahlung der sämmtlichen Weltkörper her, deren Licht bis zu uns gelangt. Mehrere dieser Weltkörper sind verschwunden; mehrere geben nur unzweideutige Anzeichen ihres Abnehmens; endlich wieder andere nehmen an Lichtstärke zu; aber dieß sind sämmtlich höchst seltene Ausnahmen. Nachdem jedoch die Gesammt-Zahl der Sterne und Nebelflecken, welche mit den Fernröhren sichtbar sind, zuverlässig mehrere Milliarden übersteigt, so weiset Alles darauf hin, daß wenigstens von dieser Seite die Bewohner der Erde keine Störung des Klima zu befürchten haben.

Können die Variationen, welche an gewissen astronomischen Elementen vorgehen, die irdischen Klimate merklich umändern?

Es ist nur eine einzige Region auf der Erdkugel, in welcher, abgesehen von den durch die Atmosphäre verursachten Brechungen des Lichts, Tag und Nacht zu allen Zeiten dieselbe Dauer haben. Diese Region führt den Namen irdischer Aequator (Gleicher). Allenthalben, außer am Aequator,

*) Es darf nicht befremden, wenn ich mich rücksichtlich einer Temperatur von 50 bis 60 Graden unter Null des Ausdruckes „Wärme" bediene. 50 bis 60 Grade unter dem Gefrierpunkte, das ist eine Temperatur, welche die Capitäns Parry und Franklin bei ihren Reisen in den Polar-Gegenden erfahren haben, sind in der That eine namhafte Wärme, im Vergleiche mit den hunderten oder tausenden von Kältegraden, welche vielleicht ohne Einwirkung jener Ursache, womit sich Fourier beschäftigt hat, im Raume herrschen würden.

sind Tage und Nächte im Allgemeinen von ungleicher Dauer. In Paris z. B. dauert der Tag am 21. Junius 16 Stunden, die Nacht 8 Stunden. Den 21. December im Gegentheil ist der Tag 8 und die Nacht 16 Stunden lang. Der 20. und 21. März und der 22. und 23. September sind die einzigen Zeitpunkte, an welchen Tag und Nacht genau gleichviel Stunden zählen. Die letzteren Jahrestage (der 20. März und der 22. September) haben das Bemerkenswerthe, daß an denselben, an allen Punkten der Erde von einem Pole zum andern, von Osten nach Westen, diese gleiche Dauer des Verweilens der Sonne über dem Horizonte mit jener ihres Wegbleibens statt findet.

Es ist nicht nöthig, die schwierige Frage der irdischen Temperaturen im Detail durchgearbeitet zu haben, um einzusehen, daß überhaupt unter allen Breiten die Zeit der langen Tage und kurzen Nächte eine Zeit hoher Temperatur seyn werde; daß die langen Nächte, welche die kurzen Tage begleiten, im Gegentheile eine kalte Jahreszeit mit sich führen werden; daß endlich die höchsten und niedrigsten Thermometer-Stände mit der Ungleichheit der Tage von der längsten und kürzesten Dauer in inniger und nothwendiger Verbindung stehen werden. Jede Ursache, welche diesen Unterschied verringern würde, würde auch den Winter dem Sommer näher bringen. Nicht so leicht wäre es ausgemacht, ob dadurch auch eine Aenderung der mittleren Temperatur herbeigeführt werde. Aber auch nur eine gewisse Ausgleichung der Jahreszeiten wäre ein zu merkwürdiges Ereigniß, zu sehr geeignet, an allen Orten die Erscheinungen der Vegetation umzuändern, als daß es sich nicht verlohnen sollte, zu untersuchen, ob, so weit die Geschichte reicht, ein solches Annähern der Jahreszeiten nicht durch irgend eine Aenderung in der Gestalt und Lage der Sonnenbahn herbeigeführt worden seyn kann.

Ein Kreis, der um das ganze Firmament herumläuft, und welchen man den himmlischen Aequator nennt, scheidet die nördlichen von den südlichen Gestirnen. Je näher ein Gestirn dem Südpole steht, desto kürzer ist für uns die Zeit zwischen dessen Auf- und Untergang. Das Gegentheil

findet rücksichtlich der entgegengesetzten Hemisphäre statt. Die Gestirne, welche sie umfaßt, zeigen sich uns über dem Horizonte durch so viel mehr Stunden, als sie eine mehr nördliche Stellung einnehmen. Endlich die zwischen beiden Himmels-Hälften befindlichen Gestirne, jene, welche im Aequator gehen, sind durch 12 Stunden nach einander sichtbar und verschwinden für die folgenden 12 Stunden.

Die Sonne befindet sich während ihres scheinbaren Jahres-Laufes durch sechs Monate unter den südlichen Gestirnen, und durch andere sechs Monate nimmt sie ihre Stellung nördlich vom Aequator ein. Niemand wird zweifeln, daß die Länge des Tages in jeder Jahres-Epoche genau mit der Zeit zusammentreffe, welche mit dem Auf- und Untergange jenes Sternbildes verlauft, in welches die Sonne in dieser Epoche eingetreten ist, welchem sie anzugehören scheint, und mit welchem gemeinschaftlich sie die tägliche Bewegung des Himmels mitmacht. Das Problem, ob der Abstand zwischen den Winter- und Sommer-Tageslängen gegenwärtig größer oder kleiner sey, als vor 2000 Jahren, reducirt sich also darauf, daß wir erforschen, ob die Sonne bei ihren Wanderungen nördlich und südlich vom Aequator immer an demselben Sternbilde oder noch besser an demselben Sterne ihre Gränze gefunden habe. Nach mathematisch strengen Begriffen ist dieß nicht der Fall. Seit den ältesten Beobachtungen haben sich die nördlichen und südlichen Abweichungen dieses Himmelskörpers in immer engere Gränzen eingeschlossen. Jedoch müssen wir hinzufügen, daß diese Aenderung von Jahr zu Jahr außerordentlich klein sey; daß im Ganzen nach 2000 Jahren sie sich kaum auf einen Viertelgrad belaufe; oder um es anschaulich zu machen, zum Beispiel in ihrer südlichen Abweichung heut zu Tage dann innehält und wieder gegen den Aequator ansteigt, wenn der untere Rand ihrer Scheibe bis zu jenem Sterne gelangt ist, welchen sie im Anbeginne dieser Periode von 20 Jahrhunderten mit dem Mittelpunkte ihrer Scheibe erreicht hat.

Eine so unbedeutende Aenderung konnte offenbar keine bemerkenswerthe Veränderung weder in der vergleichungsweisen

Dauer der Sommer= und Winter=Tage, noch in den landwirthschaftlichen Verhältnissen hervorbringen. *)

Die Sonne ist nicht immer gleichweit von der Erde entfernt. Heut zu Tage beobachtet man die geringste Distanz in den ersten Tagen des Januars und die größte sechs Monate später, oder in den ersten Tagen des Junius. Es wird einst das Gegentheil statt finden, und das Minimum in den Monat Juni, das Maximum in den Monat Januar fallen. Hier bietet sich folgende interessante Frage dar: Wird ein Sommer unserer Zeit, welcher mit der größten Entfernung von der Sonne zusammentrifft, sich merklich von einem solchen Sommer unterscheiden, welcher mit der geringsten Entfernung von der Sonne gleichzeitig wäre?

Auf den ersten Blick wird, wie ich glaube, sich Jedermann bejahend aussprechen; denn zwischen diesem größten und geringsten Abstande der Sonne von der Erde findet ein namhafter Unterschied statt, ein Unterschied, der, in runder Zahl, den dreißigsten Theil des ganzen Abstandes ausmacht. Wenn wir jedoch, bei näherem Auffassen dieses Problems, auch die Geschwindigkeiten in Betracht ziehen, was von Rechtswegen nicht vernachlässigt werden darf, so wird die Lösung den Gegensatz dessen aussprechen, was wir oben als unzweifelhaft angesehen haben.

Der Punkt der Bahn, an welchem die Sonne der Erde am nächsten steht, ist auch zu gleicher Zeit der Punkt, an welchem sich dieser Himmelskörper am schnellsten bewegt. Die halbe Bahn, oder wenn man lieber will, die 180 Grad, welche zwischen den zwei Nachtgleichen des Frühlings und des Herbstes liegen, werden daher alsdann in der möglichst kurzen

*) Die Geometer haben ausgemittelt, daß die Veränderung, welche man in der Ausdehnung der jährlichen Oscillationen der Sonne, südlich und nördlich vom Aequator, beobachtet, periodisch seyen; daß, nachdem dieselbe durch eine gewisse Reihe von Jahrhunderten abgenommen hat, diese Oscillationen in's Wachsen kommen werden, und so wechselweise in Ewigkeit, ohne jemals bestimmte, sehr enge Gränzen zu überschreiten.

Zeit durchlaufen werden, wenn die Sonne in der Art von einem Endpunkte dieses Bogens zum andern geht, daß sie in der Mitte dieses sechsmonatlichen Laufes an dem Punkte der geringsten Entfernung vorbeikommt. Fassen wir das Gesagte zusammen, so führt uns die Hypothese, welche wir angenommen haben, dahin, daß in Folge der geringeren Entfernung das Frühjahr und der Sommer heißer seyn würde, als heut zu Tage, in Folge der größeren Geschwindigkeit aber diese beiden Jahreszeiten zusammen ungefähr um sieben Tage kürzer ausfallen würden. Wird alles dieses in Rechnung gebracht, so ergiebt sich als Resultat eine mathematisch genaue Ausgleichung. Hiernach hat die Bemerkung wenig Interesse, daß der Punkt der Sonnenbahn, welcher am mindesten von der Erde absteht, sehr langsam verrückt wird, und daß von den entferntesten Zeiten her die Sonne immer entweder am Ende des Herbstes oder im Anfange des Winters an diesem Punkte vorbeigekommen ist.

Wir haben nunmehr eingesehen, daß die Aenderungen, welche in der Lage der Sonnenbahn vorgehen, die irdischen Klimate nicht umgestaltet haben können. Verhält es sich eben so mit den Aenderungen, welche in der Gestalt dieser Bahn vorgehen?

Die scheinbare Sonnenbahn, d. h. die wirkliche Erdbahn, ist gegenwärtig eine Ellipse, welche sich sehr wenig von einem Kreise unterscheidet.

In dieser Ellipse behält die große Axe beständig dieselbe Länge, die Excentricität dagegen wechselt.

Die Unveränderlichkeit der großen Axe einer Planetenbahn hat nach einem der Keppler'schen Gesetze die Unwandelbarkeit der Umlaufszeit dieses Planeten um die Sonne zur Folge. Also welches auch die Aenderungen der Excentricität der Ellipse der Erdbahn seyn mögen, die Länge des Jahres wird immer unverändert bleiben.

Nach diesem Ergebnisse reducirt sich das Problem, welches wir im Auge haben, auf folgende Frage: wird die Erde, im Ganzen betrachtet, von der Sonne die gleiche Wärme-Menge erhalten, mag sie um diesen Himmelskörper in 365¼ Tagen

einen vollkommenen Kreis oder eine mehr oder weniger in die Länge gezogene Ellipse beschreiben, vorausgesetzt, daß die große Axe der letztern allemal dem Durchmesser des Kreises gleichkomme?

Man kann voraussehen, daß die Antwort auf diese Frage verneinend ausfallen wird, das heißt, daß die gesammte Wärme-Menge, welche unsere Erde empfängt, mit der Excentricität der Ellipse zunehmen wird, wenn man auf einmal diese Excentricität in Gedanken auf das Aeußerste treibt; wenn man die Bahn so nahe zusammendrängt, daß ihre beiden Zweige beinahe die Oberfläche der Sonne streifen; wenn man also die Erde nöthigt, dieses Gestirn zweimal des Jahres zu berühren. Aber eine genaue Berechnung, welche man gemacht hat, giebt auch das Maaß der Wärme-Zunahme für alle einzelne Fälle an; sie lehrt uns, daß die Erde jährlich eine Gesammt-Menge von Wärme empfangen muß, welche im verkehrten Verhältnisse zu den kleinen Axen jener elliptischen Bahnen mit unveränderlicher großer Axe steht, in denen wir uns successive bewegen.

Heutzutage ist die Excentricität der Erdbahn im Abnehmen, folglich die kleine Axe im Wachsen, also muß die Wärme, welche wir alljährlich von der Sonne erhalten, sich immer vermindern. Das ist jedoch, um die Wahrheit zu sagen, eine bloße Abstraction: die Aenderung der Excentricität geht so langsam vor sich, daß mehr als 10,000 Jahre erforderlich wären, um einen mittelst des Thermometers meßbaren Unterschied in der Temperatur der Erde zu bewirken. Geht man nicht weiter zurück, als die Geschichte reicht, so muß also der Einfluß dieser Ursache ganz übergangen werden.

Herschel, welcher sich neuerlich mit diesem Probleme in der Hoffnung beschäftigt hat, darin die Erklärung verschiedener geologischen Erscheinungen zu finden, nimmt an, die Excentricität der Erdbahn könne im Laufe der Jahrhunderte bis zu dem Verhältnisse gebracht werden, welche bei dem Planeten Pallas stattfindet, wo sie $^{25}/_{100}$ der halben großen Axe betragen würde. Es ist gar nicht glaublich, daß die Excentricität unserer Erdbahn in diesem periodischen Wechsel so ungeheure Aenderungen erleide, und dennoch würden diese $^{25}/_{100}$ der Erde im Mittel nur einen Zuwachs von $^{1}/_{100}$ an den jährlichen Ausstrahlungen der Sonne

bewirken. Mithin würde eine Excentricität von $^{25}/_{100}$ den mittleren Thermometer-Stand der Erde nicht wesentlich berühren. Nur die Folge würde eintreten, daß mit Zwischenräumen von sechs Monaten die größten und geringsten Distanzen der Sonne von der Erde, welche sich gegenwärtig kaum um einen dreißigsten Theil unterscheiden, in das Verhältniß von 5 zu 3 zu stehen kommen könnten. Bei dem Verhältnisse der Abstände von 3 zu 5 würden sich die erleuchtenden und erwärmenden Kräfte der Sonne ungefähr in das Verhältniß von 3 zu 1 stellen. Lassen wir nunmehr die Kraft 3 mit dem Sommer-Solstitium zusammentreffen, das will sagen: denken wir uns in den Monaten Juli und August drei Sonnen über unsern Häuptern, so werden wir uns eine passende Vorstellung von der außerordentlichen Hitze machen, welche man an gewissen Tagen bei einer Excentricität unserer Bahn von $^{25}/_{100}$ erleiden würde. Uebrigens kann ich nicht genug wiederholen, daß eine solche Excentricität zuverlässig niemals stattgehabt hat, oder man müßte sie doch für jeden Fall in einer von der Gegenwart um 15 — 20,000 Jahre entlegenen Vergangenheit suchen.

Die irdischen Klimate, wie man sie von Beobachtungen, entnommen aus verschiedenen Jahrhunderten, ableiten kann.

Wir haben bisher, wenigstens rücksichtlich der Erscheinungen, welche sich an der Oberfläche kund geben, das Problem der Temperatur unserer Erde von mehreren Einwirkungen frei zu machen gewußt, welche dasselbe sehr verwickelt hätten. Es wäre denn ausgemacht, daß die Hitze des inneren Erdkörpers keine merkliche Veränderung in den Klimaten herbeizuführen im Stande ist, indem ihre gesammte Einwirkung auf die Oberfläche gegenwärtig sich nicht höher als $^{1}/_{30}$ Grad beläuft. Die Temperatur des Weltraumes, welche Zweifel man auch noch über den Werth hegen mag, welchen Fourier ihr anweist, muß der Stätigkeit sehr nahe kommen, wenn sie, wie aus Allem hervorgeht, wirklich in der Ausstrahlung der Himmelskörper ihre Quelle hat. Die Aenderungen der Gestalt und Lage der Erdbahn sind, wie es mathematisch erwiesen ist, ohne Wirkung,

oder ihr Einfluß ist doch so höchst unbedeutend, daß er den empfindlichsten Instrumenten entgeht. Es bleiben uns also zur Erklärung des Wechsels der Klimate nur lokale Einflüsse oder eine mögliche Aenderung in der erwärmenden und erleuchtenden Kraft der Sonne. Und von diesen zwei Ursachen wird sich die eine noch beseitigen lassen. Alle Veränderungen werden in der That den Einwirkungen des Ackerbaues, dem Abholzen der Ebenen und Gebirge, dem Austrocknen der Sümpfe ꝛc. zugeschrieben werden müssen, wenn wir beweisen können, daß an den Orten, deren Physiognomie sich durch eine lange Reihe von Jahrhunderten nicht merklich geändert hat, auch das Klima weder wärmer noch kälter geworden ist.

Auf diese Weise mit einem Streiche die Aenderungen der Klimate, sowohl die vergangenen, als die zukünftigen für die ganze Ausdehnung der Erde, in die von der Natur selbst enge gezogenen Grenzen einzuschließen, welche durch die Werke der Menschen bedingt sind, das wäre in der That ein meteorologisches Resultat von der allergrößten Wichtigkeit. Man wird mir also wohl die in's Feine gehende Umständlichkeit verzeihen, in welche ich eingehen will. Ich beeile mich, zu erklären, daß eine große Menge dieser Einzelnheiten aus den Schriften des Hrn. Schouw entnommen sind, eines schwedischen Reisenden, welcher sich sowohl durch seine botanischen, als meteorologischen Arbeiten hervorgethan hat.

Die mittlere Temperatur von Palästina scheint sich seit den Zeiten Mosis nicht geändert zu haben.

Damit die Dattel-Palme Früchte trage, oder besser, um die Datteln zur Reife zu bringen, wird eine gewisse mittlere Temperatur erfordert. Andererseits kann der Weinstock nicht mehr mit Vortheil gepflanzt werden, er hört auf, solche Früchte zu tragen, woraus Wein erzeugt werden kann, wenn die mittlere Temperatur einen gleichfalls bestimmten Punkt des Thermometers übersteigt. Aber die Gränze desjenigen Thermometer-Standes, der mindestens zum Reifwerden der Datteln erheischt wird, steht der Gränze sehr nahe, welche den höchsten Stand für den Wein ausmacht. Wenn wir also ausmitteln, daß in zwei verschiedenen Epochen an demselben Orte die Dat-

tel und die Weintraube gleichzeitig genießbar producirt worden seyen, so werden wir behaupten können, daß in der Zwischenzeit sich das Klima nicht wesentlich umgewandelt haben könne. Machen wir die Anwendung hievon:

Die Stadt Jericho wurde Stadt der Palmen genannt. Die heilige Schrift spricht von den Palmbäumen der Debora zwischen Rama und Bethel, von jenen, welche längs dem Jordan standen ꝛc. Die Juden aßen die Datteln, bereiteten sie als gedörrte Früchte; sie bereiteten auch eine Art Honig und einen gegohrenen Saft aus denselben. Die hebräischen Münzen weisen deutlich Palmbäume, mit Früchten bedeckt. Plinius, Theophrast, Tacitus, Josephus, Strabo ꝛc. machen sämmtlich Meldung von einem in Palästina gelegenen Gehölze von Palmen. Man kann also nicht zweifeln, daß die Juden sehr große Pflanzungen dieser Bäume hatten. Wir werden ebensoviele Belege für den Weinstock finden, und sie werden uns überzeugen, daß er gezogen wurde, nicht nur um die Trauben zu essen, sondern auch um Wein zu erzeugen. Jedermann erinnert sich an jene Weintraube, welche die Boten Mosis auf dem Boden Kanaans pflückten und deren Umfang so groß war, daß zwei Männer erforderlich waren, sie zu transportiren. An zwanzig und mehr Stellen der Bibel ist die Rede von den Weinbergen Palästina's. Das Laubhüttenfest wurde im Verfolge der Weinlese gefeiert. Die Genesis spricht von den Weinen von Juda. Man weiß überdieß, daß der Weinstock nicht nur in den nördlichen und gebirgigen Theilen des Landes gebaut wurde, weil die Bibel öfters die Weinberge und den Wein des Thales Engaddi erwähnt. Zum Ueberfluß berufe ich mich auf das Zeugniß des Strabo und Diodor, denn Beide machen viel Rühmens von den Weinbergen von Juda. Ich will nur noch bemerken, daß die Weintraube auf den hebräischen Münzen ganz ebenso häufig als Sinnbild vorkommt, als die Dattelpalme.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so geht unbestreitbar hervor, daß man in den entferntesten Zeiten den Palmbaum unter einem Klima mit dem Weinstocke im Herzen der Thäler von Palästina gebaut habe.

Wir wollen sehen, welchen Wärmegrad das Gedeihen der Datteln und welchen jenes der Weintrauben erfordere.

Zu Palermo, wo die mittlere Temperatur 17^0 Celsius beträgt, wächst der Palmbaum, aber seine Frucht reift nicht.

Zu Catanea sind die Datteln ungeachtet einer mittleren Temperatur von 18 — 19^0 nicht genießbar.

In Algier, dessen mittlere Temperatur beiläufig 21^0 beträgt, kommen die Datteln vollkommen zur Reife. Jedoch sind sie unbestreitbar noch besser im Innern des Landes.

Indem wir von diesen Daten ausgehen, können wir mit Bestimmtheit behaupten, daß zu Jerusalem, in einem Zeitpunkte, wo die Kultur des Dattelbaums in der Umgegend in's Große betrieben wurde, wo dessen Früchte die Volksnahrung ausmachten, die mittlere Temperatur nicht niedriger seyn konnte, als zu Algier, wo die Dattel eben noch zur Reife kommt. Aber dadurch bestimmt sich die Temperatur von Jerusalem zu 21^0 Celsius oder noch höher.

Hr. Leopold von Buch versetzt die südliche Grenze des Weinstocks auf die Insel Ferro, eine der canarischen Inseln, deren mittlere Temperatur zwischen 21 und 22^0 Celsius fallen wird.

Zu Cairo und in der Umgegend findet man bei einer mittleren Temperatur von 22^0, wohl hie und da eine Weinlaube in den Gärten, aber keine eigentlichen Weingärten mehr.

Zu Abusheer in Persien, wo die mittlere Temperatur sicher nicht über 23^0 beträgt, kann, nach Niebuhr, der Weinstock nur in Gräben, oder wenn er gegen die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt ist, cultivirt werden.

Wir haben gesehen, daß in Palästina, in den entferntesten Zeiten, der Weinbau im Gegentheil im Großen getrieben wurde; man muß also zugeben, daß die mittlere Temperatur nicht über 22^0 gestanden sey. Die Kultur des Palmbaums hat uns eben erst gelehrt, daß man diese mittlere Temperatur aber auch nicht unter 21^0 annehmen könne. Also die lediglichen Erscheinungen der Vegetation haben uns dahin geführt, das Klima von Palästina zu den Zeiten Mosis mit 21^0,5 des hunderttheiligen Thermometers zu bezeichnen, ohne daß wir

allem Anscheine nach auch nur um einen Grad unsicher wären.

Wie steht es heutzutage mit der mittleren Temperatur Palästina's? Unglücklicher Weise fehlen uns hierüber direkte Beobachtungen; aber wir werden dieselben durch Vergleichung mit den in Egypten hierüber gemachten Bestimmungen ersetzen können.

Die mittlere Temperatur von Kairo beträgt 22^{0}, Jerusalem liegt um 2 Grade nördlicher; zwei Breitegrade entsprechen in diesem Himmelsstriche einer Wärme-Abnahme von ein halb bis dreiviertel Grad Celsius. Die mittlere Temperatur von Jerusalem kann daher wenig über 21^{0} steigen. Für die uns am weitesten entrückten Zeiten haben wir die Gränzen in 21 und 22^{0} und das Mittel zu 21^{0},5 gefunden.

Aus allem dem erkennen wir also, daß 3300 Jahre an dem Klima von Palästina keine solche Aenderung bewirken konnten, welche sich abschätzen ließe.

Die Unveränderlichkeit dieses Klima's ließe sich, wiewohl nicht mit gleicher Genauigkeit, auch noch aus anderen landwirthschaftlichen Daten entnehmen.

Der Getreidebau beweiset zum Beispiele, daß die mittlere Temperatur 24 bis 25^{0} Celsius nicht übersteigt.

Die Balsam-Bäume zu Jericho bezeichnen andrerseits als untere Gränze der Temperatur 21 bis 22^{0}.

Die Juden feierten vormals das Laubhüttenfest oder die Weinlese Anfangs Oktober. Heut zu Tage werden die Trauben in der Umgegend von Jerusalem Ende September oder Anfangs Oktober abgenommen.

Vor Alters fiel die Schnittzeit in Palästina zwischen halben April und Ende May. Neuere Reisende haben in dem mittäglichen Theile dieses Landes die Gerste um den halben April schon ganz gelb angetroffen. Um Acre war sie erst am 13. May reif. Man weiß ferner, daß in Egypten, wo die Temperatur viel höher steht, die Gerste Ende April oder Anfangs May geschnitten wird rc.

Man wird begreifen, warum ich für einen einzigen Strich der Erde so viele Beweise gesammelt habe, welche alle zu dem-

selben Ziele führen, wenn man bedenkt, daß Palästina sich als einer jener Punkte des alten Continents darstellt, welche am wenigsten die theilweisen Aenderungen des Klima's verspüren mußten, deren Ursache man in der Beurbarung oder überhaupt in den Werken der Menschen sucht. Mithin berechtigt, wir müssen es wiederholen, die Stetigkeit der Temperatur dieses Landes zu der Folgerung, daß 33 Jahrhunderte keine Aenderung in dem Einflusse des Lichtes und der Wärme der Sonne herbeizuführen vermochten. Aber die Begründung dieser Behauptung konnte nicht genug durch Beweise unterstützt werden, seitdem man Sterne, ich sollte sagen: entlegene Sonnen, bemerkte, deren Licht abgenommen hat und selbst allmählig erloschen ist, dergestalt, daß diese Sterne verschwunden sind.

Von dem Klima Europa's in vergangenen Zeiten.

Die Weisungen, welche wir in den ältesten Autoren über die landwirthschaftlichen Producte Palästina's finden, stehen unter sich vollkommen in Einklang. Die Pflanzen waren scharf bestimmt, die Localitäten genau bezeichnet; die Folgerung, zu welcher wir gelangt sind, hat daher alle nur wünschenswerthe Gewißheit. Wer sollte nicht denken, daß dasselbe Verfahren uns auch über das vormalige Klima Egyptens Aufklärung verschaffen werde. Es verhält sich aber nicht so. Nicht, daß uns Nachrichten mangeln; aber ihre Unvereinbarkeit gestattet nicht, einen Nutzen daraus zu ziehen. Wollte man sich zum Beispiel an den Weinstock halten? Eine Stelle Herodot's sagt uns, daß die Egyptier keinen Weinbau getrieben haben, während Athenäus uns die Weine von Alexandrien rühmt. — Wünscht man zu wissen, wie weit sich der Anbau dieser Pflanze gegen Süden erstrecke? Man wird hierüber bei Theophrast ausdrücklich erwähnt finden, daß die Weinrebe bis nahe bei Elephantis wachse. Diese Andeutung wird uns demungeachtet nichts nützen, denn bei Entscheidung der klimatologischen Frage kommt es nicht sowohl auf die Breiten an, in welchen die Weinpflanze noch fortkömmt, sondern in welchen sie aufhört, solche Früchte hervorzubringen, woraus man Wein

erzeugen kann ꝛc. Die auf die Palmbäume Bezug habenden Belege sind ebenso abweichend unter sich. Nach Strabo waren diese Bäume bei Alexandrien und in der Umgegend des Delta unfruchtbar, oder trugen doch keine eßbaren Früchte. Warum wäre aber dann ganz Nieder-Egypten voll dieser Bäume gewesen? ꝛc. Wir wollen uns nicht länger mit diesen dunkeln Stellen befassen, welche sich oft auf bloßes Hörensagen gründen, und gehen zu dem Studium unserer eigenen Klimate über.

Ich will hier noch einmal darauf aufmerksam machen, daß wir uns mit lokalen Veränderungen beschäftigen werden, ohne daran zu denken, dasjenige, was wir für einen besondern Punkt gefunden haben werden, auf ein ganzes Reich ausdehnen zu wollen. Jede andere Art der Untersuchung würde jener Schärfe ermangeln, welche man in wissenschaftlichen Verhandlungen heutzutage zu fordern berechtigt ist. Oder sollen wir vorher einen Augenblick Daines Barrington, den Abbé von Manu und mehrere andere Physiker in ihren Forschungen begleiten, aus welchen sie den Schluß ziehen wollen, daß im Lauf der Jahrhunderte das Klima von ganz Europa und einigen Punkten Asiens sehr an Bestimmtheit verloren habe? Wäre es der Wunsch unserer Leser, daß wir uns an Ausnahmen, an außerordentliche Erscheinungen halten sollen? Wir werden sehen, daß analoge außerordentliche Erscheinungen sich uns in Menge in einer viel jüngeren Zeit darbieten.

Leset, sagt man uns, im Diodor von Sicilien, daß die Flüsse in Gallien vormals im Winter häufig zufroren, daß die Soldaten zu Fuß und zu Pferd, daß die leichten Wagen, ja selbst die schwersten Fuhrwerke auf dem Eise ohne die geringste Gefahr übersetzten.

Die berühmte Brücke Trajans über die Donau war nach Dio Cassius dazu bestimmt, im Winter den Uebergang über diesen Fluß zu erleichtern, wenn seine Wasser nicht gefroren waren. Herodian sagt uns von Soldaten, welche, anstatt mit Krügen zum Wasserholen an die Ufer des Rheines zu gehen, sich mit Hauen bewaffneten und Stücke Eis abhackten, welche sie in's Lager trugen.

Welchen Schluß kann man aus diesen Stellen ziehen? Keinen andern, als daß zu den Zeiten der Römer die Flüsse Frankreichs, daß der Rhein, daß die Donau zu Zeiten völlig zugefroren sind.

Aber hier folgt eine Tafel, welche uns aus viel spätern Epochen den Beweis liefert, daß einerseits eben diese Flüsse, andererseits aber der Po, das adriatische, ja selbst das mittelländische Meer nicht selten gefroren waren.

860. Das adriatische Meer und die Rhone frieren. (Das vollständige Zufrieren der Rhone in der Gegend von Arles oder in jedem andern Punkte der Provence scheint nach den Beobachtungen, welche im Jahre 1776 angestellt wurden, eine Kälte von mindestens 18 ^{0} Celsius zu erfordern. Im Jahre 1709, als der Golf von Venedig zufror, war das Thermometer in der Stadt auf — 20 ^{0} gefallen.

(Academie des Sciences, 1749.)

1133. Der Po war von Cremona bis an das Meer mit Eis bedeckt. Man passirte die Rhone auf dem Eis. Der Wein fror in den Kellern. (— 18 ^{0} zum mindesten.)

1216. Der Po und die Rhone waren sehr tief eingefroren. (— 18 ^{0} zum wenigsten.)

1234. Der Po und die Rhone gefrieren wieder. Frachtwägen passiren über das adriatische Meer im Angesicht von Venedig. (— 20 ^{0}.)

1236. Die Donau bleibt eine geraume Zeit in ihrer ganzen Breite zugefroren.

1290. Lastwägen passiren bei Breysach über den Rhein auf dem Eise. Der Kattegat war auch völlig überfroren.

1302. Die Rhone gefriert. (— 18 ^{0}.)

1305. Die Rhone und alle Flüsse Frankreichs frieren zu.

(*Papon*, Histoire de Provence, III. 102.)

1323. Die Rhone gefriert. Reisende zu Fuß und zu Pferd kommen von Dänemark nach Lübeck und Danzig.

1334. Alle Flüsse Italiens und der Provence frieren. (— 18 ^{0}.)

1364. Die Rhone friert bei Arles bis zu einer beträchtlichen Tiefe; beladene Wagen passiren auf dem Eise. (— 18 ^{0}.)

(*Villani*, cité par *Papon*, III. 210.)

1408. Die Donau gefriert nach ihrer ganzen Länge. Das Eis reicht ohne Unterbrechung von Norwegen bis Dänemark.

(*Felibien*, Description de Paris.)

1434. Der Frost begann zu Paris den letzten December 1433 und währte ununterbrochen durch 3 Monate und 9 Tage. Er stellte sich gegen Ende März von neuem ein und dauerte bis 17. April.

(*Felibien*, Description de Paris.)

Dasselbe Jahr schneite es in Holland durch 48 Tage in Einem fort.

(Van Swinden.)

1460. Die Donau bleibt durch zwei Monate zugefroren. Die Rhone friert gleichfalls. (— 18 ^{0}.)

1468. In Flandern werden die Wein-Rationen der Soldaten mit der Axt zugetheilt.

(Philipp von Comines.)

1493. Der Hafen von Genua war am 25. und 26. December überfroren.

(*Papon*, IV. 18.)

1507. Der Hafen von Marseille gefriert in seiner ganzen Ausdehnung. (Das weist auf eine Kälte von mindestens — 18 ^{0} Celsius.) Am Tage Epiphaniä fiel in derselben Stadt ein drei Schuh tiefer Schnee.

(*Papon*, IV. 26.)

1544. In Frankreich wird der Wein mit spaltenden Werkzeugen zertheilt.

(*Mezeray.*)

1565. Die Rhone ist bei Arles in ihrer ganzen Breite überfroren. (— 18 ^{0} Celsius.)

1568. Den 11. December wird mit Karren über die Rhone gefahren. Das Eis bricht sich erst am 21. (— 18 ^{0} Celsius zum wenigsten.)

1570 — 1571. Von Ende November 1570 bis Ende Februar 1571 so strenger Winter, daß alle Flüsse, selbst jene der Provence und von Languedoc hinreichend fest gefroren waren, um beladene Karren zu tragen.

(*Mezeray.*)

1594. Das Meer gefriert bei Marseille und Venedig. (— 20 ^{0} Celsius zum mindesten.)

1603. Die Karren passiren über die Rhone auf dem Eise. (— 18 ^{0} Celsius.)

1621 — 1622. Die venetianische Flotte ist in den Lagunen eingefroren. (— 20 ^{0}.)

1638. Das Wasser im Hafen von Marseille belegt sich mit Eis rings um die Galeeren. (— 20 ^{0} Celsius.)

(*Papon*, IV. 490.)

1655 — 1656. Die Seine war vom 8. — 18. December mit Eis bedeckt. Es fror in der Folge vom 29. December ununterbrochen bis zum 18. Januar 1656. Ein neuer Frost trat einige Tage darauf ein und hielt bis zum März an.

(*Boulliaud.*)

1657 — 1658. Frost ohne Unterbrechung zu Paris vom 24. December 1657 bis 8. Februar 1658. Vom 24. December bis 20. Januar war mäßige Kälte; hierauf stieg die Kälte auf einen unglaublichen Grad. Die Seine war ganz eingefroren. Das Thauwetter vom 8. Februar hielt nicht an; die Kälte trat am 11. von neuem ein und dauerte bis zum 18.

(*Boulliaud.*)

In dem Jahre 1658 war es, daß Karl der Zehnte, König von Schweden, auf dem Eise über den kleinen Belt mit seiner ganzen Armee, seiner Artillerie, seinen Rüstwagen, seiner Bagage rc. übersetzte.

1662 — 1663. Der Frost hielt in Paris vom 5. December 1662 bis zum 8. März 1663 an.

(*Boulliaud.*)

1676 — 1677. Anhaltender sehr heftiger Frost vom 2. December 1676 bis 13. Januar 1677. Die Seine war durch 35 Tage zugefroren.

(*Boulliaud.*)

1684. Die Themse fror bei London zu einer Dicke von 11 Zoll. Beladene Wägen setzten auf dem Eise über.

1709. Das adriatische und das mittelländische Meer bei Genua, Marseille, Cette rc. sind zugefroren. (— 18 ^{0} C.)

1716.	Die Themse gefriert bei London. Man errichtet auf dem Eise eine Menge Buden.	
1726.	Man fährt auf Schlitten von Copenhagen nach Schweden.	
1740.	Die Seine ist in ihrer ganzen Breite gefroren.	(— 14 ^{0}.)
1742.	deßgleichen. — —	(— 10 ^{0}.)
1744.	deßgleichen. — —	(— 9 ^{0}.)
1762.	deßgleichen. — —	(— 9 ^{0}.)
1766.	deßgleichen. — —	(— 9 ^{0}.)
1767.	deßgleichen. — —	(— 16 ^{0}.)
1776.	deßgleichen. — —	(— 12 ^{0}.)
1788.	deßgleichen. — —	(— 13 ^{0}.)
1829.	deßgleichen. — —	(— 14,5 ^{0}.)

Ich glaube, es wird Niemanden, der diese lange Tafel durchgangen hat, einfallen, in dem von den Alten erwähnten Zufrieren der angeführten Flüsse den Beweis zu finden, daß das Klima von Europa nicht mehr so scharf ausgesprochen sey.

Was werden wir nun von den Belegen sagen, welche aus den Dichtern entlehnt sind? Virgil empfiehlt (Georgikon, III. Buch), in den Schafställen den Schafen Stroh und Farrnkraut unterzubreiten, damit die Kälte diesen zarten Thieren nicht schade; gleich finden sich gewisse Autoren, welche diese sicherlich wenig bedeutende Stelle als einen unwiderlegbaren Beweis anführen, daß die Winter des alten Italiens von einer Strenge waren, von welcher wir uns keinen Begriff machen können. Ich habe diese Uebertreibungen bereits im Voraus beantwortet, indem ich gezeigt habe, daß in Italien neuerer Zeit der Po und das adriatische Meer häufig gefroren waren. Will man übrigens noch mehr? Ich sage nur, daß zu Padua, nicht weit von der Stadt Mantua, von wo Virgilius gebürtig war, im Januar 1604 eine solche Masse Schnee fiel, daß die Dächer von mehreren der Hauptgebäude die Last desselben nicht ertragen konnten und eingedrückt wurden; daß der Wein daselbst in den Kellern gefroren ist ꝛc. Was sollen, diesen völlig verificirten Daten gegenüber, die Schlafstellen mit Stroh oder Farrenkraut des Verfassers vom Georgikon als meteorologische Belege bedeuten?

Derselbe Dichter sagt an einer Stelle, daß es nicht uner-

hört sey, daß die Flüsse in Calabrien zufrieren. Was, rufen sie aus, will man einem solchen Ereignisse entgegensetzen? Wie will man länger noch läugnen, daß die Winter im mittägigen Italien ehemals viel kälter waren, als sie es heutzutage sind?

Der Einwurf ist nicht so gewichtig, als man sich vorstellt. Ich bemerke vorerst, daß ein ausnahmsweise vorgekommenes Gefrieren eines Flusses nicht geeignet sey, ein Klima zu charakterisiren; daß auf einem bestimmten Punkte durch verschiedene atmosphärische Verhältnisse die sehr abgekühlten und sehr trockenen Luftschichten der oberen Regionen zufällig herabgelangen können; daß dann die eigenthümliche Kälte dieser Luftschichten, die von der durch ihre Trockenheit sehr begünstigten Verdünstung erzeugte Kälte, in Verbindung mit dem bei ganz heiteren Nächten durch Ausstrahlung in den Weltraum herbeigeführten Wärmeverluste, hinreichend seyn dürfte, um das Zufrieren der Flüsse unter jedwedem Himmelsstriche der Erde zu verursachen. *) Auch hat man vor einigen Jahren, zwar nicht ohne Verwunderung, aber doch ohne es als eine völlig unerklärliche Erscheinung anzusehen, vernommen, daß in Afrika das Wasser in den Schläuchen des Kapitän Clapperton über Nacht gefroren sey und zwar in der Nähe von Murzuk in einer Ebene, welche wenig über die Meeresfläche erhaben war; auch haben es die Meteorologen nicht unter die, keine nähere Prüfung verdienenden, Behauptungen eingereiht, was Abd-Allatif (siehe die Uebersetzung des Hrn. Sylvestre de Sacy, S. 505.) berichtet, daß nämlich im Jahr 829, als der Patriarch der Jacobiten zu

*) Aehnliche Betrachtungen würden auch erklärlich machen, wie es im Jahr 1709 kam, daß die Seine in Paris selbst zwischen den Brücken nicht völlig zugefroren war, während zu Toulouse die Bevölkerung auf der Garonne promenirte und man in Languedoc auf dem Eise von Cette nach Boussigny und Balaruc gieng; zweitens, wie das Maximum der Kälte in Paris um zwei Tage später eintreten konnte, als in Montpellier; wie drittens nach einem starken Nachlassen die Kälte früher in Montpellier als in Paris wieder zunahm; wie endlich viertens im Jahre 1829 die Kälte in Toulouse um 6 Zehntheile eines Grades heftiger seyn konnte, als in Paris, welches doch um $5\frac{1}{4}^{\circ}$ nördlicher gelegen ist.

Antiochien, Denys de Felmahre, mit dem Kalifen Mamoun nach Egypten gieng, sie den Nil zugefroren fanden.

Ich hätte vielleicht vor dieser Erörterung die Frage aufwerfen sollen, ob man denn gewiß sey, daß zu unserer Zeit die Flüsse im südlichen Italien niemals gefrieren? Auf alle Fälle hätte ich dem Zeugnisse Virgil's eine sehr klare Stelle im Theophrast entgegenstellen können, woraus hervorgeht, daß vor Alters die Zwergpalme (Chamærops humilis) große Strecken in Calabrien bedeckte. Die Vegetation dieser Staude ist zwar, wie zum Beispiel in der Provinz Valencia, nicht unverträglich mit einigen zufälligen Frösten von kurzer Dauer, aber häufige Fröste von solcher Kraft, um Flüsse gefrieren zu machen, würden sie unvermeidlich zu Grunde gehen machen.

Strabo erzählt (II. Buch), daß an der Mündung der Palus Mäotis die Fröste so stark sind, daß einer der Generale des Mithridates daselbst im Winter die Kavallerie der Barbaren genau an derselben Stelle zum Weichen brachte, wo sie im Sommer in einer Seeschlacht besiegt wurden.

Dieß ist eine jener Stellen, welche die Wortführer der allgemeinen klimatischen Umänderung am öftesten vorbringen. Aber Pallas, welcher sich lange im südlichen Rußland aufgehalten hat, sagt, daß selbst während der gewöhnlichen Winter das Eis, welches der Don führt, die Enge von Zabache und einen großen Theil des Azow'schen Meeres bedeckt, und daß in rauhen Wintern beladene Karren auf dem Eise ohne Anstand von einer Küste zur andern gelangen.

Ich komme zurück zur Prüfung des Klima's einiger besonderen Punkte.

Gewisse Theile Europa's waren früher nicht kälter, als sie heutzutage sind.

Strabo bezeichnet in seinem vierten Buche das narbonnesische Gallien als die nördliche Gränze, welche die Kälte den

Oliven-Bäumen gesetzt hat. Diese Gränze ist auch heutzutage an derselben Stelle.

Gewisse Theile von Europa waren vormals nicht heißer, als sie es heutzutage sind.

Die Griechen versetzten den Dattelbaum (Cordia myxa) aus Persien in ihr Vaterland. Nach Theophrast trug er allda keine Früchte. Dieser berühmte Botaniker fügt jedoch bei, daß auf der Insel Cypern die Dattel, ohne völlig reif zu werden, doch eßbar sey.

Die kleine Quantität Wärme-Zufluß, welche diese Frucht heutzutage nöthig hätte, um auf eben dieser Insel zur völligen Reife zu gelangen, fehlte ihr daher auch vor Alters.

Von dem Klima der Umgebungen Roms.

Theophrast und Plinius benachrichtigen uns, daß die Ebenen in der Nachbarschaft von Rom mit Buchen bedeckt waren. Die höchste mittlere Temperatur, bei welcher diese Bäume noch gut fortkommen, darf 10° nicht übersteigen. Die mittlere Temperatur von Rom übersteigt gegenwärtig 15°,5. Waltet hierin bei den erwähnten beiden Schriftstellern kein Irrthum weder in der Bezeichnung der Baumgattung, noch rücksichtlich der Localitäten ob, haben sie wirklich von der Ebene und nicht etwa von den Bergen sprechen wollen, so hätte, wie zu bemerken ist, das damalige Klima Roms sich in der Folgezeit auf eine auffallende Weise verbessert. Anstatt einer etwas unter der Pariser stehenden Temperatur wäre die Temperatur von Perpignan eingetreten.

Der Gedanke, daß bei den berührten Stellen ein Irrthum unterlaufen seyn dürfte, wird durch den Umstand bestätigt, daß der letztere der zwei vorgenannten Schriftsteller, nachdem er von der Buche gesprochen hat, ferner anführt, daß auch die Myrthe und der Lorbeer in der Ebene von Rom wüchsen. Aber das setzt eine mittlere Temperatur von wenigstens 13 — 14° Celsius

voraus. *) Wir sind nunmehr auf bestimmte Zahlen gekommen, aber dadurch bestimmt sich die untere Gränze des Temperatur-Standes in einem der gegenwärtigen heutigen Temperatur weit näher kommenden Werthe. Fügen wir mit Plinius noch hinzu, daß der Lorbeer und die Myrthe im mittleren Italien selbst noch in einiger Höhe an den Abhängen der Berge ihr Gedeihen fanden. Berücksichtigen wir im Gegentheile, daß nach dem Zeugnisse aller Reisenden diese Gewächse daselbst niemals in einer beträchtlicheren Höhe als 400 Metres (200 Toisen) vorkommen, und wir werden aus diesem Umstande ohne Anstand den Schluß ziehen können, daß es im alten Rom nicht merklich kälter war als im heutigen Rom.

War es vielleicht heißer? Eine Stelle des jüngern Plinius scheint mich zur Verneinung dieser Frage zu führen. In seinem Briefe an Apollinar (siehe V. Buch 6. Brief,) sagt dieser Schriftsteller über eine Landschaft in Toscana: „Es finden sich daselbst Lorbeerbäume; wenn sie manchmal absterben, so geschieht es doch nicht häufiger, als in der Umgegend von Rom.“ Also war das Absterben der Lorbeer-Bäume in der Umgegend von Rom nichts Ungewöhnliches; folglich stand die gewöhnliche mittlere

*) Diese Gränzen der Temperatur haben nur ihre Richtigkeit bei Klimaten des Festlandes. Auf den Inseln, vorzüglich jenen, wo fast ununterbrochene Westwinde, welche vom Meere herkommen, außerordentlich gelinde Winter bewirken, kann die Myrthe bei mittleren Temperaturen von viel weniger als 13° fortkommen. Diese Pflanze gedeiht zum Beispiel vortrefflich an den Küsten von Glenarm in Irland unter dem fünfundfünfzigsten Breitegrad. Aber das liegt darin, daß es dort kaum friert, daß der Winter daselbst viel gelinder ist, als selbst in Italien. Was man übrigens in solchen Lokal-Verhältnissen an der Kälte gewinnt, das verliert man mit Wucher durch den kühleren Sommer. So reift der Weinstock nicht mehr an den Küsten von Glenarm. Ich verweise Diejenigen, welche die Verschiedenheiten, die uns die Erdstriche des Festlandes im Vergleiche mit den Seeküsten und Inseln darbieten, gründlich zu studiren wünschen, rücksichtlich des Antheiles der einzelnen Jahreszeiten an der Gesammt-Wärme des ganzen Jahres, auf den trefflichen Aufsatz des Hrn. Alexander v. Humboldt über die isothermischen Linien.

Temperatur dieser Stadt nicht viel über derjenigen, welche das Absterben der Lorbeer-Bäume herbeiführt, das ist: sie konnte sich nicht viel über 13 ^{0} Celsius belaufen. Das gewöhnliche Vorkommen des Lorbeers und der Myrthe weist auf 14 ^{0} zum wenigsten, und das ausnahmsweise doch stattfindende Absterben des Lorbeers giebt uns eine Zahl, nicht viel über 13 ^{0}. Diese beiden Ergebnisse vertragen sich vollkommen mit der Voraussetzung einer sich gleich gebliebenen mittleren Temperatur: denn diese Temperatur ist, ich wiederhole es, heutzutage 15 ^{0},5.

Varro setzt die Weinlese zwischen den 21. September und den 23. October. Im Mittel fällt sie in den Umgebungen Roms heut zu Tage auf den 2. October. Diese Daten stehen also mit den Folgerungen, welche wir aus dem Vorkommen des Lorbeers und der Myrthe gezogen haben, nicht im Widerspruche. Will man einen ferneren Beweis, daß im Alterthum die Ebenen der Romagna nicht so kalt waren, wie es gewisse Schriftsteller behauptet haben? Wir werden ihn in zwei interessanten Stellen Virgils und des älteren Plinius finden.

Wenn man sich in den Apenninen auf eine gewisse Höhe über die Meeresfläche erhebt, so findet man eine große Menge schöner Bäume, welche die heutige hohe Temperatur der unteren Regionen nicht vertragen könnten, und wovon ich nur die Pinus picea und die gemeine Tanne anführen will. Aber im Alterthum haben eben diese Baumgattungen gleichfalls nicht bis in die Ebenen herabgereicht. Virgilius und Plinius bezeichnen beide sogar die hohen Berge, als die einzigen Oertlichkeiten, wo man sie antraf.

Bei dieser Verhandlung, ich erkenne es an, fehlt allerdings den Daten, die wir benützen mußten, bis auf einen gewissen Grad jener besondere Charakter, welcher uns eben erst für Palästina dazu verholfen hat, dessen vormalige Temperatur zwischen zwei sich beinahe berührenden Gränzen einzuschließen. Uebrigens kann uns hieran wenig gelegen seyn; denn hätten wir auch für Rom eine Aenderung des Klima's von 2 — 3 ^{0} Cels. für gewiß ausgemittelt, so wären wir doch, aus Mangel an Thatsachen, welche uns mit Genauigkeit die vormalige

Beschaffenheit des Landes im Vergleich mit der gegenwärtigen kennen lernten, nicht im Stande, die Ursache dieser Aenderung zu entdecken.

Wechsel des Klima's in Toskana.

In dem Briefe an Appollinar, welchen ich bereits angeführt habe, erklärt der jüngere Plinius, daß das Klima seines Landgutes in Toskana weder den Myrthen, noch den Oliven tauge. Das Besitzthum des Plinius befand sich doch auf keiner Anhöhe. Er sagt ausdrücklich, daß es in der Nähe der Apenninen, am Fuße eines Hügels, nicht weit von der Tiber gelegen sey. Man müßte die Bewohner von Cita di Castello des alten Tifern fragen, ob, wie ich glaube, das Klima gegenwärtig gemäßigter ist, als zu den Zeiten Plinius. Auf alle Fälle wird es gut seyn, zu erforschen, ob die benachbarten Berge noch mit sehr hohen und alten Waldungen bedeckt sind.

Gehen wir nun zu Toskana in neuerer Zeit über.

Gleich nachdem Galilei das Thermometer erfunden hatte, ließen die Akademiker del Cimento eine große Menge solcher Instrumente anfertigen, welche alle unter sich völlig gleich waren. Diese Thermometer, welche in verschiedene Städte Italiens verschickt wurden, dienten zu gleichzeitigen meteorologischen Beobachtungen.

Zu derselben Zeit trug der Großherzog von Toskana, Ferdinand der Zweite, den Mönchen der Hauptklöster in seinem Staate auf, sich für diese interessanten Untersuchungen zu verwenden. Die ungeheure Masse von Dokumenten, welche man auf diese Weise gesammelt hatte, wurde in jenem Zeitpunkte zerstreut, als Leopold von Medicis, um den Cardinals-Hut zu erhalten, die Akademie del Cimento dem Grolle des römischen Hofes opferte.

Nur einige Bände entschlüpften, wie durch ein Wunder, dem Vandalismus der Agenten der Inquisition. Unter denselben befand sich ein Theil der thermometrischen Beobachtungen, welche Pater Raineri im Kloster Angeli zu Florenz

angestellt hatte. Diese Beobachtungen schienen wegen ihres Alters geeignet zu seyn, bei Vergleichung mit den Beobachtungen der Neueren, einiges Licht über die Frage des klimatischen Wechsels zu verbreiten. Unglücklicher Weise hatten diese Thermometer der Akademie del Cimento keine festgesetzte Eintheilung, und die verschiedenen Versuche, welche dazu bestimmt waren, die Uebereinstimmung der Grade dieser Instrumente mit jenen der Thermometer nach Réaumur und Fahrenheit herzustellen, ließen Vieles zu wünschen übrig.

Das Problem stand auf diesem Punkte, als im Jahre 1828 in Florenz eine Kiste entdeckt wurde, welche, nebst vielen andern alten Instrumenten, eine große Menge von Thermometern der Akademie del Cimento enthielt, welche nach 50 Theilen eingetheilt waren. Hr. Wilhelm Libri, welchem sie anvertraut wurden — und sie konnten nicht leicht in bessere Hände kommen, — überzeugte sich vorerst, daß sie alle unter sich denselben Stand hatten. Hierauf reducirte er, mit Hülfe von mehr als zweihundert vergleichenden Beobachtungen, ihre Gradleiter auf jene der gegenwärtig üblichen Thermometer. Hr. Libri fand zum Beispiel auf diese Weise, daß der Nullpunkt an der Gradleiter del Cimento — 15° Réaumur entspricht; daß der fünfzigste Grad der ersteren mit dem vierundvierzigsten Grade der letzteren zusammenfällt; daß im schmelzenden Eise der Thermometer del Cimento 13°,5 anzeigt ꝛc.

Mit Hülfe dieser Resultate hat Hr. Libri aus den 16 Jahren, welche die wieder aufgefundenen Register des Pater Raineri umfassen, die Maxima und Minima für jeden Monat ausgemittelt, und dieselben mit den in dieser Rücksicht seit dem J. 1820 an der Sternwarte der frommen Schulen zu Florenz gemachten gleichlaufenden Bestimmungen zusammengestellt. Diese Zusammenstellung hat ihn zu der wichtigen Folgerung geführt, daß, im Widerspruch mit einer fast allgemeinen Annahme, die seit sechszig Jahren vorgenommene Abholzung der Berge keine fühlbare Abnahme der Temperatur in Toskana herbeigeführt habe. Im siebenzehnten Jahrhunderte waren die Apenninen in der That noch mit Wäldern bedeckt;

dennoch hat Pater Raineri im Verlaufe von 15 Jahren (von 1655 bis 1670) sein Thermometer ein Jahr auf — 5° Cels., ein anderes Jahr auf — 5°, 6, ein drittes auf — 9°, 4, und ein viertes Jahr endlich auf — 12°, 9 beobachtet; ungemein niedrige Temperatur-Stände, welche selbst in dem außerordentlichen Winter von 1829 auf 1830 nicht statt gefunden haben.

In der Tafel des Hrn. Libri scheint mir die Columne der Maxima eine eben so entscheidende Folgerung darzubieten. Es ergiebt sich aus derselben, wie mir dünkt, mit Bestimmtheit, daß im siebenzehnten Jahrhunderte die Sommer in Toskana heißer waren, als heut zu Tage. Die Beobachtungen von Raineri weisen in der That fünf Maxima von 37° ½ Cels., zwei zu 38° 1/10 und eines zu 38° 7/10. Von 1821 bis 1830 ist das Thermometer in Florenz ein einziges Mal bis auf 37° ½ gestiegen.

Also gelindere Winter, gemäßigtere Sommer, scheint es, begreifen die klimatische Aenderung Toskana's.

Der gelehrte Geometer, welchem wir die Entdeckung der Grad-Eintheilung des Thermometers del Cimento verdanken, würde der Wissenschaft einen ferneren Dienst erweisen, wenn er untersuchen würde, ob dieses Resultat in den Beobachtungen Raineri's nicht nur rücksichtlich der höchsten Hitze- und Kälte-Grade, sondern auch nach der Gesammt-Temperatur eines jeden Monats, welche man ganz richtig die mittlere Temperatur nennt, seine Bestätigung findet.

Klimatische Aenderung in Frankreich.

Die landwirthschaftlichen Belege, welche ich meinen Lesern vorlegen werde, scheinen mir nachzuweisen, daß, in gewissen Landstrichen Frankreichs, die Sommer heut zu Tage minder heiß sind, als sie es einst waren.

Mehrere der ältesten Familien des Vivarais haben unter ihren Urkunden, bezüglich ihrer Besitzungen, Blätter ihrer Grundsteuer-Bücher aufbewahrt, welche in das Jahr 1561 reichen. Diese Blätter beweisen, daß damals an Stellen, welche

mehr als 300 Toisen über der Meeresfläche gelegen sind, und wo gegenwärtig, auch an den am günstigsten gelegenen Punkten, keine Traube reifen würde, noch Weinbau getrieben wurde.

Diese Folgerung wird rücksichtlich jener Provinzen Frankreichs, wo der Weinstock noch gebaut wird, auch durch ein anderes Beweismittel von verschiedener Natur bestätigt.

Vor der Revolution gab es im Vivarais eine sehr große Zahl von Grund-Renten, welche im sechszehnten Jahrhundert entstanden waren und in Wein entrichtet werden mußten, und zwar mußte der größte Theil dieser Renten in Wein von der ersten Presse abgetragen werden. Bei andern war es ausgemacht, daß dieselbe nach der Willkühr des Grundherrn auch in Fässern genommen werden konnte. Der Termin für diese Abfuhr (ich habe die Reduction nach dem Gregorianischen Kalender bereits vorgenommen) war der 8. October. Die in Rede stehenden Akten beweisen also, daß am 8. October der Wein schon in den Fässern oder mindestens in den Trestern, auf dem Punkte, gepreßt zu werden, befindlich war. Aber die kürzeste Zeit, innerhalb welcher man den Wein an den Trestern läßt, bevor er gepreßt wird, ist 8 Tage. Im sechszehnten Jahrhundert mußte also die Weinlese im Vivarais in den letzten Tagen des Septembers bereits beendigt seyn. Gegenwärtig fällt die Lesezeit daselbst zwischen den 8. bis 20. October. Ein Bewohner dieser Provinz versichert, daß er sie nie vor dem 4. October habe beginnen sehen.

Diese Dokumente schweigen über die Dauer und die Strenge der Winter; aber, ich wiederhole es, sie scheinen festzustellen, daß im sechszehnten Jahrhunderte im 45. Grad und an den Ufern der Rhone die Sommer heißer gewesen seyn müssen, als heut zu Tage.

Man liest in der Geschichte von Macon, daß im Jahre 1552 oder 1553 die Hugenotten sich nach Lancié (einem Dorfe ganz in der Nähe dieser Stadt) zurückgezogen, und daß sie daselbst den Muskat-Wein des Landes getrunken haben. Die Muskateller-Traube reift heut zu Tage bei Macon nicht hinlänglich, um Wein daraus bereiten zu können.

Kaiser Julian ließ an seiner Tafel Wein von Su-

raine serviren. Der Ruf des Weines von Suraine ist heut zu Tage sprüchwörtlich geworden, aber Jedermann weiß, in welchem Sinne. Uebrigens lege ich dieser letzten Zusammenstellung keinen höheren Werth bei, als sie verdient. Die Qualität des Weines hängt zu sehr von der Pflanzung und von der Sorgfalt des Weinbauers ab, als daß sie ein unwidersprechliches Argument für die klimatische Frage abgeben kann.

Man findet in einer alten, von Hrn. Capefigue erwähnten Urkunde, daß, als Philipp August unter allen Weinen Europa's einen für seinen täglichen Gebrauch auswählen wollte, die Winzer von Etampes und Beauvais mit concurrirt haben. Die Urkunde fügt freilich bei, daß sie nicht angenommen wurden; aber kann man voraussetzen, daß sie die Kühnheit gehabt hätten, sich zu melden, wenn ihre Weine so wenig trinkbar gewesen wären, als zu unserer Zeit alle Weine des Departements de l'Oise sind? Dieses Departement bezeichnet heut zu Tage die nördliche Gränze des Weinbaues. Die von der Administration der indirecten Steuern für das Jahr 1830 abgelegte Rechnung meldet in der That, daß man in dem Departement der Somme keinen Wein gelesen hat. Aber in einer Gegend, wo eine gewisse Kultur kaum noch möglich ist, kann man nicht mehr auf ziemlich gute Produkte rechnen.

Als Kaiser Probus den Spaniern und Galliern gestattete, Weinberge anzulegen, gewährte er dieselbe Gunst auch den Bewohnern Englands. Diese Gunst wäre ein wahrer Hohn gewesen, wenn zu dieser Zeit der Weinstock über dem Kanal la Manche keine Früchte getragen hätte.

Alte Chroniken berichten uns überdieß, daß zu einer gewissen Zeit der Weinstock in einem großen Theile Englands im freien Felde gebaut wurde, und daß man daraus Wein gezogen habe. Gegenwärtig reicht die emsigste Pflege, eine südliche Lage und völliger Schutz vor kalten Winden, ein Spalier 2c. kaum hin, einige kleine Trauben zu völliger Reife zu bringen.

Dieß dürfte, wie mich dünkt, die Ungläubigsten überzeugen, daß mit der Folge der Zeit die Sommer in Frankreich und England einen beträchtlichen Theil ihrer Hitze verloren ha-

ben. Es erübrigt uns nunmehr, die Ursache dieser beunruhigenden Erscheinung aufzusuchen.

Diese Ursache liegt wenigstens nicht augenscheinlich in der Sonne; die Unveränderlichkeit der Temperatur in Palästina kann uns hievon überzeugen. Einige Physiker glauben sie in einer ungewöhnlichen Ausbreitung des nördlichen Polar-Eises zu finden, in einer allgemeinen Bewegung, welche, nachdem sie diese Eismassen um einige Grade nach Süden herabgeführt hatte, sie an der Küste von Grönland festgehalten hat.

Gewiß ist es, daß die östliche Küste von Grönland (Green-Land, grünes Land), als sie gegen das Ende des zehnten Jahrhunderts von einem Isländischen Schifffahrer entdeckt ward, und die Norweger sich daselbst ansiedelten, vom Eise frei gewesen sey; daß im Jahre 1120 die Kolonie zahlreich, blühend gewesen sey, daß sie einen beträchtlichen Handel mit Norwegen und Island getrieben habe. Man weiß auch, daß im Jahre 1408, als der Bischof Andrew (es war der 17te dieser Kolonie) von seinem Stuhle Besitz zu nehmen kam, er die Küsten ganz vom Eise eingenommen fand und nicht landen konnte. Dieser Zustand der Dinge währte fort bis zum J. 1813 oder 1814. Damals hatte ein unermeßlicher Eisgang statt, und die östliche Küste Grönlands ward von Neuem frei. Die Verschlimmerung der Klimate Europa's wäre also dem fortwährenden Daseyn einer ungeheuren Eisfläche zuzuschreiben gewesen, welche sich in der Breite von Cap Farewell bis zum nördlichen Polar-Kreise erstreckt haben würde.

Ich werde diese Erklärungs-Art ganz und gar umstürzen, indem ich darauf aufmerksam mache, daß die Dokumente, auf welche ich meine Folgerung, daß im Vivarais und Bourgogne die Hitze einst sehr groß war, — daß diese Dokumente, sage ich, einer um ungefähr anderthalb Jahrhunderte späteren Zeit angehören, als der Zeitpunkt ist, in welchem sich die grönländische Eisfläche gebildet hat. Ich füge noch hinzu, daß der beinahe vollständige Eisgang, welcher mit diesen Eismassen im Jahre 1814 vor sich gieng, in unsern Klimaten weder eine so wesentliche Aenderung verursacht habe, welche die landwirthschaftlichen Erscheinungen Jedermann kund

geben würden, noch selbst so leise Modificationen, welche nur die meteorologischen Instrumente den Physikern andeuten könnten.

Untersuchen wir nunmehr, ob die gesuchte Ursache unserer klimatischen Aenderungen uns nicht ganz nahe liege, ob diese Aenderung nicht ausschließend von den Arbeiten abhängt, welche die Bedürfnisse und die Grillen einer immer zunehmenden Bevölkerung an tausend Punkten unseres Gebietes in Ausführung gebracht haben.

Das alte Frankreich, verglichen mit dem heutigen, hat unvergleichlich größere Waldstrecken, Berge, beinahe völlig in Gehölz eingehüllt; Seen im Innern, Teiche, Sümpfe ohne Zahl; Flüsse, deren Austreten keine künstlichen Dämme verhinderten; unermeßliche Räume, welche noch kein Werkzeug des Ackerbaues aufgewühlt hatte, ꝛc. dargeboten. Also das Abholzen, die Eröffnung großer Lichtungen in den stehenbelassenen Waldungen, das beinahe völlige Verschwinden der stehenden Wässer, die Urbarmachung ungeheurer Ebenen, welche sich wenig von den Steppen Asiens oder Amerika's unterscheiden mochten, dieß sind die hauptsächlichsten Umänderungen, welche die Oberfläche Frankreichs in der Zwischenzeit von einigen hundert Jahren erlitten hat. Aber eben diese Umwandlungen gehen in einem gewissen Lande noch heutzutage vor sich, sie entwickeln sich unter den Augen einer aufgeklärten Bevölkerung, sie gehen dort mit einer reißenden Schnelligkeit vor sich, sie müssen dort Schlag auf Schlag jene meteorologischen Erscheinungen herbeiführen, welche kaum mehrere Jahrhunderte in unserem alten Europa ersichtlich machen konnten. Dieses Land schwebt wohl Jedermann auf der Zunge, es ist Nord-Amerika. Nun wollen wir sehen, wie die Beurbarung daselbst das Klima ändert. Die Resultate werden offenbar auf den ehemaligen Zustand unserer Gegenden anwendbar seyn, und wir werden auf diese Art der vorausgesetzten Betrachtungen enthoben seyn, welche bei einem so verwickelten Stoffe uns wahrscheinlich irre geführt hätten.

Darüber ist man einig, daß die Beurbarung das Klima Nord-Amerika's in seiner ganzen Ausdehnung umgestaltet hat; daß diese Umgestaltung von Tag zu Tag auffallender wird, daß

die Winter heutzutage weniger rauh, die Sommer weniger heiß seyen, mit andern Worten, daß die Extreme der Temperatur, welche man im Januar und Juli beobachtet, sich von Jahr zu Jahr gegenseitig annähern.

Vergleichen wir diese Wirkungen mit denjenigen, welche uns die vorausgehende Verhandlung kennen lehrte: für Florenz ist die Idendität in die Augen fallend. Im Innern und im Norden Frankreichs sehen wir wie die Amerikaner, daß die Sommer weniger heiß geworden seyen. Vielleicht waren auch die Winter, wie es die allgemeine Meinung ist, ehemals kälter; aber wir haben uns nicht überzeugen können, daß diese grössere Strenge der alten Winter bewiesen worden sey. Auf alle Fälle ist ersichtlich, daß der Meinung nichts entgegensteht, es sey in Europa die Aenderung des Klima's ausschließlich der Urbarmachung zuzuschreiben.

Die Amerikaner haben auch eine Aenderung bemerkt, welche sich in den Winden, die an ihren Küsten blasen, bemerklich macht. (Siehe die Werke von Williams und Jefferson.) Das ehemalige Vorherrschen der Westwinde scheint abzunehmen. *) Die Ostwinde, so wie sie häufiger geworden sind, dringen auch nach und nach tiefer in das Land ein.

Mindere Kälte, mindere Hitze, das waren die Wirkungen der Beurbarung in den Vereinigten Staaten. Aber daraus folgt noch nicht, daß die mittlere Temperatur eine Aenderung erlitten habe. Dadurch, was ihr beim Winter zu gute kommt, konnte allerdings der Abgang im Sommer ausgeglichen worden seyn. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß diese Ausgleichung nicht statt gefunden hat; denn unter der Menge wich-

*) Sollte Jemand an dem übermäßigen Vorherrschen der Westwinde im atlantischen Ocean zweifeln können, so werde ich ihm folgende — wie mir scheint — überzeugende Daten anführen.

Im Mittel von sechs Jahren, daß die Packetboote den Weg von Osten nach Westen, das ist: von Liverpool nach New-York, machten, haben sie zur Ueberfahrt . . . . . . 40 Tage gebraucht.

Dieselben Fahrzeuge machten die Rückreise in 23 Tagen.

tiger Ergebnisse, welche Hr. Boussingault während seines Aufenthaltes in Süd-Amerika gesammelt hat, findet man eine Zusammenstellung der mittleren Temperatur der Zone am Aequator, in welcher ohne Ausnahme die kleinsten Zahlen den bewaldetsten Stellen entsprechen. Es ist also zu vermuthen, daß, um mich mit Buffon auszudrücken, während das Klima Amerika's minder übertrieben wird, die mittlere Temperatur zunimmt.

Es wird vielleicht nicht unschicklich seyn, hier einige Worte beizufügen, um den Physikern zu antworten, welche sich weigern, in den Werken der menschlichen Industrie, d. h. in Arbeiten, welche wirklich kaum in die Oberhaut unserer Erdkugel eindringen, die genügende Ursache einer fühlbaren Aenderung der Klimate zu erkennen. Ich werde mich übrigens darauf beschränken, einige Lokalitäten aufzuführen, welche wegen eines Hügels, der, in Beziehung auf die herrschenden Winde, günstig gelegen ist, wegen einiger Erhebungen des Erdkreises, oder anderer, so wenig in die Augen fallenden Umstände, daß man sie nicht bemerklich machen kann, eines ausnahmsweisen Klima's genießen.

Die mittlere Temperatur Middelburgs, dessen Breite nahe um einen Grad weniger beträgt, als jene Amsterdams, sollte um einen halben Grad höher stehen, ist aber um mehr als zwei Grade tiefer, als jene Amsterdams.

Selbst die Stadt Brüssel hat keine so hohe mittlere Temperatur als Amsterdam, obwohl sie um $1^{0},5$ südlicher liegt.

In England genießt die Stadt Salcombe in Devonshire eines so außerordentlichen Klima's, daß man sie das Montpellier des Nordens nennt.

Marseille ist um mehr als einen Grad südlicher gelegen, als Genua. Die mittlere Temperatur dieser letzteren Stadt sollte also um einen halben Grad Cels. geringer seyn, als jene von Marseille; sie ist im Gegentheile um einen Grad höher.

Es ist nicht zu verwundern, daß Marseille, eine Seestadt, ein gemäßigteres Klima hat, als Avignon, welches etwas nördlicher im Innern des Landes gelegen ist; daß die Winter dort merklich milder und die Sommer merklich kühler seyen; aber

was ist die Ursache, daß die mittlere Temperatur von Marseille geringer ist, als jene von Avignon?

Rom und Perpignan haben genau dieselbe mittlere Temperatur, obwohl Rom um einen Grad südlicher gelegen ist. Wenn ich nun nach der Ursache hievon fragen würde, so würde man mir ohne Zweifel von den Apenninen sprechen; aber liegt Perpignan nicht am Fuße der Pyrenäen?

Ich werde diese Aufzählungen nicht weiter treiben. Ich weiß sehr wohl, daß man annehmbare Erklärungen der angedeuteten Unregelmäßigkeiten von der Gestalt der Gegenden hernehmen kann, in welchen die verschiedenen Städte, welche ich genannt habe, sich befinden; aber der Fragepunkt liegt nicht hierin. Das, was ich gesagt habe, und was ich noch immer vertheidigen kann, ist, daß die vorausgesetzten Ursachen dieser Unregelmäßigkeiten sehr wenig bemerkbar sind; daß eine aufmerksame Prüfung der Lokalitäten nicht hätte errathen lassen, von welcher Art ihr Einfluß seyn werde; in welchem Sinne sie sich wirksam erweisen würden.

Ich komme nunmehr zum Endpunkte der Aufgabe, welche ich mir gesetzt hatte. Ich will diesen langen Artikel damit schließen, daß ich in Kürze untersuche, ob die mittlere Temperatur von Paris heut zu Tage einige Aenderung erleide.

Nichts ist, dem ersten Anblicke nach, einfacher, als diese Frage. Die Temperatur unterirdischer Räume von einiger Tiefe, zu welchen die äußere Luft keinen freien Zutritt hat, ist nicht nur unveränderlich, sondern sie ist überdieß völlig dieselbe mit der mittleren Temperatur der äußeren Atmosphäre an der Oberfläche. Solche unterirdische Räume befinden sich unter dem Gebäude der Sternwarte in Paris. Sie sind in einer Tiefe von 28 Metres (86 Fuß). Seit anderthalb Jahrhunderten beobachtet man daselbst den Stand des Thermometers. Es wird daher hinreichen, diese Beobachtungen an's Licht zu bringen.

Ohne bis auf die ältesten Instrumente zurückzugehen, denn ihre Eintheilung ist heut zu Tage nicht wohl bekannt, muß ich indeß sagen, daß eine ganz neue Entdeckung die Auflösung des

Problemes sehr erschwert hat. Es ist nunmehr bewiesen, daß im Verlauf der Zeit fast alle Thermometer unrichtig werden. Der Nullpunkt, ich meine den Punkt des schmelzenden Eises, steigt an der Gradleiter immer höher hinauf, als wenn die das Quecksilber enthaltende Kugel einschrumpfen würde. Das Thermometer kommt also endlich dahin, daß es $+1^0$ zeigt, wenn es auf Null stehen sollte; $+2^0$, wenn die Temperatur nicht höher ist, als $+1^0$ ꝛc. Der Fehler wächst manchmal bis auf $1^0\frac{1}{2}$ an. Die zahlreichen Temperatur-Stände, welche man in den unterirdischen Räumen des Observatoriums zu einer Zeit bestimmt hat, wo man nicht wußte, daß die Thermometer immerfort rectificirt werden müssen, sind daher als gar nicht vorgekommen anzusehen. Ich habe jedoch zwei Beobachtungen gefunden, aber auch nur zwei, welche man verwenden kann. Sie gehen in den Februar des J. 1776 zurück. Messier hat sie mit einem unter seinen Augen verfertigten und von ihm selbst einige Tage vorher rectificirten Thermometer angestellt. Diese beiden, völlig zusammenstimmenden Beobachtungen geben:

$11^0,8$ Celsius.

Im Jahre 1826, 50 Jahre später, fand man ebenfalls

$10^0,8$.

Setzen wir nun voraus, daß in den Beobachtungen Messier's, wegen des kleinen Maaßstabes seiner Scala, eine Unrichtigkeit von einem zwanzigsten Gradtheile stecken könne. Die beiden Temperaturen von 1776 und 1826, welche uns völlig gleich schienen, würden dann um eben diese Größe von einander abweichen. Aber $\frac{1}{20}{}^0$ in 50 Jahren oder $\frac{1}{10}{}^0$ in einem Jahrhunderte: das wäre also eine Verschiedenheit von nur einem einzigen Grade in 1000 Jahren!

Die beiden Zeitpunkte, welche wir mit einander verglichen haben, schließen einen Zeitraum in sich, während welchem gewisse Theile Frankreichs sehr stark abgeholzt worden sind. Die mittlere Temperatur von Paris hat jedoch keine zu berücksichtigende Wirkung hievon verspürt.

Ich habe zum Gränzpunkte der Vergleichung die Beobachtungen des Jahres 1826 genommen, um die runde Summe von 50 Jahren zu haben. Wäre ich bis zum Jahre 1833 gegangen, so hätte ich $^7/_{100}$ Gradtheile mehr erhalten. Also anstatt einer Erkältung des Klima's wären wir auf eine leichte Erwärmung gelangt. Uebrigens wird man noch 3 bis 4 Jahre abwarten müssen, um mit Bestimmtheit sagen zu können, ob die $^7/_{100}$ Gradtheile, von denen ich oben sprach, nicht ein unregelmäßiges und zufälliges Schwanken seyen.

Ueber den Frost-bringenden Mond.

Es ist eine allgemein verbreitete Meinung vorzüglich in der Umgegend von Paris, daß der Mond in gewissen Monaten auf die Erscheinungen der Vegetation einen großen Einfluß ausübe. Haben sich die Gelehrten nicht etwas übereilt, indem sie diese Meinung für ein Vorurtheil erklärten, das keiner näheren Beachtung werth sey? Der Leser mag darüber entscheiden.

Die Gärtner verstehen unter dem Monde, welchen die Franzosen lune rousse nennen, denjenigen, welcher im April in's Zunehmen kommt, und, sey es noch zu Ende dieses Monats, oder aber in der Regel im Lauf des Monats Mai, voll wird. Nach ihrer Behauptung übt das Mondlicht in den Monaten April und Mai einen nachtheiligen Einfluß auf die jungen Triebe der Pflanzen aus. Sie versichern, die Beobachtung gemacht zu haben, daß des Nachts, bei heiterm Himmel, die Blätter und Knospen, welche diesem Lichte ausgesetzt sind, brandig werden, das will sagen, daß sie erfrieren, obwohl sich das Thermometer im Freien einige Grade über dem Nullpunkte erhält. Sie führen auch an, daß, sobald ein bedeckter Himmel die Strahlen dieses Gestirnes auffängt, und verhindert, daß sie nicht bis zu den Pflanzen gelangen, dieser schädliche Einfluß nicht statt findet, wenn gleich die Temperatur-Verhältnisse im Uebrigen völlig dieselben sind.

Diese Phänomene scheinen anzudeuten, daß das Licht unseres Satelliten eine Kälte-erregende Kraft besitze. Wenn man jedoch die kräftigsten Linsen, die größten Brennspiegel gegen den Mond gerichtet und in deren Brennpunkten sehr empfindliche

Thermometer aufgestellt hat, so wird sich nicht die leiseste Wirkung äußern, welche eine so sonderbare Annahme rechtfertigen könnte. Auch haben die Physiker den Frost-erregenden Mond zugleich mit dem vorgeblichen Einflusse der Mondes-Phasen auf den Wechsel der Witterung für Volks-Vorurtheile des gemeinen Mannes erklärt, während der Landmann das Vertrauen auf die Richtigkeit seiner Wahrnehmung nicht aufgiebt. Eine schöne, von Hrn. Wells vor einigen Jahren gemachte Beobachtung wird mir, wie ich glaube, dazu verhelfen, diese scheinbar so widersprechenden Meinungen zu vereinigen.

Vor Hrn. Wells ist Niemand darauf verfallen, daß die auf der Oberfläche der Erde befindlichen Gegenstände, das Eintreten einer schnellen Verdünstung ausgenommen, des Nachts manchmal eine von der sie umgebenden Atmosphäre verschiedene Temperatur annehmen. Diese wichtige Thatsache ist heut zu Tage über allen Zweifel erhoben. Wenn man kleine Quantitäten von Wolle, Eiderdunen ꝛc. der freien Luft aussetzt, so findet man häufig, daß deren Temperatur um 6, 7, selbst 8 Grad Celsius geringer ist, als jene der streichenden Luft, welcher sie ausgesetzt sind. Mit den Pflanzen hat es dieselbe Bewandtniß. Man darf daher von dem allein, was ein der freien Luft ausgesetztes Thermometer angezeigt hat, keinen Schluß auf jenen Kälte-Grad ziehen, welchen eine Pflanze während der Nacht erlitten hat. Die Pflanze kann einen heftigen Frost erlitten haben, obwohl die Temperatur der Luft sich beständig einige Grade über dem Nullpunkte erhalten hat.

Diese Unterschiede der Temperatur der festen Körper in der Atmosphäre erreichen jedoch den Belang von 6, 7 bis 8^0 Cels. nur bei vollkommen heiterem Wetter. Wenn der Himmel bedeckt ist, so verschwindet dieser Unterschied ganz und gar, oder bleibt doch unmerklich.

Wird es nöthig seyn, daß ich auf den auffallenden Zusammenhang aufmerksam mache, welcher zwischen diesen Erscheinungen und den Ansichten der Landleute über den Frost-bringenden Mond besteht?

In den Nächten der Monate April und Mai beträgt die Temperatur der Atmosphäre häufig nicht über 4, 5 bis 6^0 Cels.

Tritt dieser Fall ein, so werden die Pflanzen, wenn sie dem Mondlichte, das will sagen einem heitern Himmel ausgesetzt sind, leicht erfrieren können, ungeachtet das Thermometer keinen Frost angiebt. Findet im Gegentheile kein Mondschein statt, ist der Himmel bedeckt, so wird die Temperatur der Pflanzen nicht unter jene der Atmosphäre herabsinken, es wird kein Gefrieren derselben statt finden, außer wenn das Thermometer Null angiebt. Es ist also völlig wahr, wie es die Gärtner behaupten, daß unter völlig gleichen thermometrischen Verhältnissen eine Pflanze erfrieren oder unbeschädigt bleiben könne, je nachdem der Mond sichtbar wird, oder durch die Wolken verdeckt ist. Worin sie irrig sind, das ist die Folgerung, daß sie diese Wirkung dem Einflusse der Lichtstrahlen dieses Gestirnes zuschreiben. Dieses Licht ist nur das Anzeichen einer heitern Atmosphäre; es ist in Folge der Unbewölktheit des Himmels, daß die Pflanzen am Frost leiden; der Mond wirkt hiebei gar nicht mit, mag er untergegangen seyn oder über dem Horizonte stehen, diese Erscheinung wird darum ganz gleich statt finden. Die Beobachtung der Gärtner war unvollständig, aber man war im Unrecht, als man sie für falsch erklärte.

Ich sollte nun auch erklären, wie die Pflanzen des Nachts eine niedrigere Temperatur erlangen können, als die sie umgebende Luft; ich habe jedoch alle über diesen Punkt erforderlichen Aufklärungen in den folgenden Artikel einfließen lassen, auf welchen ich daher den Leser zu verweisen mir erlaube. Dieser Artikel enthält die Darlegung einer vortrefflichen Arbeit, welche die gelehrte Welt dem verstorbenen Dr. Wells verdankt.

Ueber den Thau.

Umstände, welche einigen Einfluß auf die Entstehung dieser Erscheinung ausüben.

Ausgiebiger Thau fällt nur in ruhigen und heiteren Nächten. Einige Spuren davon findet man auch bei bewölktem Himmel, wenn kein Wind streicht, oder bei dem Streichen des

Windes, aber übrigens heiterer Nacht; jedoch wird sich niemals Thau bilden, wenn ein bedeckter Himmel mit einer windigen Nacht zusammentrifft.

In dem Augenblicke, als sich der Himmel bewölkt, wird die Bildung des Thaues unterbrochen. Man kann in diesem Falle sogar häufig bemerken, daß der Thau, welcher die Pflanzen bereits befeuchtet hat, völlig verschwindet oder doch sehr abnimmt.

Eine leise bewegte Luft begünstiget das Entstehen des Thaues eher, als daß sie entgegen wirkt.

In zwei gleich heiteren und ruhigen Nächten kann ein sehr ungleicher Niederschlag des Thaues statt finden*); man wird starken Thau bemerken, wenn es kürzlich geregnet hat, sehr wenig Thau dagegen bei vorausgegangener mehrtägiger Trockenheit. Die Süd- und Westwinde, welche bei uns (in Frankreich) über das Meer kommen, begünstigen dessen Formation. In Egypten im Gegentheil, mit seiner Lage im Süden des mittelländischen Meeres, trifft man beinahe keine Spur des Thaues, außer bei'm Streichen des Nordwindes. Im Allgemeinen, was auch vorauszusehen war, begünstigen alle jene Umstände einen ausgiebigen Niederschlag des Thaues, welche das Hygrometer gegen den Sättigungspunkt stellen.

Der Thau fällt niemals in größerer Menge, als in heiteren Nächten, auf welche neblichte Morgen folgen; die Nebelbildung des Morgens weiset darauf hin, daß die Atmosphäre vorhin schon mit Feuchtigkeit erfüllt war.

---

*) Bei denjenigen Versuchen, wo es sich darum handelt, die Quantität der Feuchtigkeit nach der verschiedenen Lage oder den atmosphärischen Verhältnissen zu bestimmen, verwendete Hr. Wells Woll-Flocken von 10 Gran im Gewichte, welchen er die Gestalt einer abgeplatteten Kugel gab, deren größere Axe bei 2 Zoll betrug. Die Wolle war weiß, mittelmäßig fein und hatte schon eine kleine Quantität Wasserdünste aufgesogen, indem sie in einem ungeheizten Zimmer aufbewahrt ward. Diese Masse entsprach vollkommen den Zwecken des Experimentators; sie nahm mit Leichtigkeit jene Feuchtigkeit in ihre Fasern auf, welche sich an ihrer Oberfläche ansetzte, und hielt dieselbe stark an sich.

Diejenigen Umstände, welche einen reichlichen Niederschlag des Thaues herbeiführen, vereinigen sich häufiger im Frühjahre und vorzüglich im Herbste, als im Sommer. Hiebei dürfte der Umstand influiren, daß die Temperatur-Abstände zwischen Tag und Nacht niemals so bedeutend sind, als im Frühjahr und Herbste.

Es ist nicht völlig richtig gesprochen, wie mehrere Physiker sich ausdrücken, daß der Thau nur des Abends und Morgens entstehe. Ein Körper befeuchtet sich in allen Stunden der Nacht, unter Voraussetzung eines heiteren Himmels.

Allem Anscheine nach setzt sich an Orten, wohin die Sonne keinen Zutritt mehr hat, alsbald einiger Thau an, wenn die Temperatur zu sinken anfängt, d. h. nach 3 — 4 Uhr Nachmittags. Es ist wenigstens ausgemacht, daß das Gras an schattigen Orten schon lange vor dem Untergange der Sonne merklich feucht wird; immer bleibt es jedoch eine Ausnahme, daß man einen Niederschlag in Tropfen wahrnimmt, so lange dieses Gestirn über dem Horizont steht. Des Morgens nehmen diese während der Nacht entstandenen Tropfen selbst nach dem Aufgehen der Sonne noch an Umfang zu.

Bei gleichen Umständen findet eine sparsamere Präcipitation des Thaues in der ersten Hälfte der Nacht statt, als in der zweiten, obwohl in diesem letzteren Zeitpunkte die Luft bereits einen Theil ihrer Feuchtigkeit eingebüßt hat.

Die Erscheinungen beim Niederschlage des Thaues auf einem festen polirten Körper, z. B. auf einer Glastafel, treffen völlig mit denjenigen überein, welche man beobachtet, wenn eine solche Platte dem Einwirken von heißen Wasserdämpfen ausgesetzt wird. Zuerst bedeckt sich die Oberfläche mit einer leichten und gleichförmigen Lage von Feuchtigkeit; sodann bilden sich unregelmäßige und abgeplattete Tropfen, welche zusammenfließen, sobald sie einen gewissen Umfang erlangt haben, und sodann in verschiedenen Richtungen rieseln.

Polirte Metalle sind unter allen bekannten Körpern diejenigen, an welchen sich der Thau am wenigsten ansammelt.

Diese Eigenschaft der Metalle ist so ausgesprochen, daß sie mehrere namhafte Physiker zu der Behauptung verführt hat,

sie seyen für die Benetzung durch den Thau ganz unempfänglich. Hr. Wells hat jedoch bei sehr günstigen Umständen einen leichten Ueberzug von Feuchtigkeit auf der Oberfläche verschiedener Metallspiegel von Gold, Kupfer, Zinn, Platina, Eisen, Stahl, Zink und Blei beobachtet; aber man bemerkt fast niemals auch nur die außerordentlich kleinen Tröpfchen, welche im Grase, auf dem Glase 2c. bereits in den ersten Augenblicken des Niederschlages der Feuchtigkeit sichtbar werden.

Ein Metall-Spiegel, welcher eigens befeuchtet wird, trocknet sogar manchmal unter Umständen, wo andere Körper sich sehr stark befeuchten würden.

Diese Ungeeignetheit der Metalle, vom Thau überzogen zu werden, theilt sich auch andern Stoffen mit, welche auf ihrer Oberfläche aufliegen. So wird ein Flocken Wolle, welcher auf einem Metall-Spiegel in eine heitere Nacht hinausgesetzt wird, sich mit weniger Feuchtigkeit ansaugen, als wenn er auf einer Glastafel gelegen hätte.

Umgekehrt üben jene Stoffe, auf welchen Metalle aufliegen, einen Einfluß auf die Menge der Feuchtigkeit aus, welche diese letzteren benetzt. Dieß beweist folgender Versuch: ein viereckigtes Stück Goldpapier, welches mit Pappe über ein leichtes hölzernes Kreuz, bestehend aus zwei Stäbchen von 8 Centimetres Länge, ein Centimetre Breite und zwei Centimetres Dicke befestigt war, wurde der freien Luft 12 Centimetres über dem Boden ausgesetzt, so daß der vergoldete Theil des Papiers nach oben kam; nach einigen Stunden war derjenige Theil des Papiers, welcher über das Kreuz hinausragte, von einer Menge kleiner Thau-Tröpfchen bedeckt, während derjenige Theil, welcher am Holz festklebte, ganz trocken geblieben war.

Man begünstigt den Niederschlag des Thaues auf Metall-Platten, welche auf dem Boden aufliegen, einigermaaßen, wenn man öfter während der Nacht den Platz wechselt.

Größere Metall-Platten, auf das Gras gelegt, werden weniger von Thau bedeckt, als kleine Platten derselben Art und von gleicher Politur. Werden beide horizontal in der gleichen Bodenhöhe frei in der Luft aufgehängt, so beobachtet man geradezu das Gegentheil.

Nicht alle Metalle haben eine gleiche Unempfänglichkeit für den Beschlag mit Thau. So wird man öfter das Platin, das Eisen, den Stahl und das Zink deutlich mit Feuchigkeit überzogen bemerken, während Gold, Silber, Kupfer und Zinn in der gleichen Exposition sich völlig trocken erhalten. Der mechanische Zustand der Körper übt auch einen wesentlichen Einfluß auf die Menge des Thaues aus, welchen sie ansetzen. Sehr dünne Spähne zum Beispiel befeuchten sich viel mehr, als dicke Holzblöcke derselben Beschaffenheit. Die ungesponnene Baumwolle scheint auch etwas mehr Thau anzuziehen, als die Schafwolle, deren Fäden in der Regel nicht so fein sind. Die Menge des Thaues, welcher sich an einem Körper ansetzt, richtet sich nicht nur nach ihrem Zuschnitte und ihrer eigenthümlichen Beschaffenheit, sondern auch nach der Lage, in welcher sie sich, in Beziehung auf die umgebenden Objekte, befinden.

Alles, was überhaupt dahin wirkt, das Hereinsehen des freien Himmels gegen die Stelle, welche ein Körper einnimmt, zu beschränken, vermindert die Quantität des Thaues, welche letzterer ansetzen wird.

Zur Rechtfertigung dieses aufgestellten Grundsatzes führt Hr. Wells an: „Ich versetzte in einer heitern und ruhigen Nacht 10 Gran Wolle auf ein angestrichenes Brett von anderthalb Metres Länge, zwei Drittel-Metres Breite und zwei Centimetres Dicke, welches in einer Höhe von mehr als einem Metre über dem Boden durch vier sehr dünne, gleich hohe hölzerne Stützen erhalten ward; zugleich befestigte ich 10 Gran Wolle im Mittel der unteren Fläche, jedoch ohne sie fest zusammenzuschnüren. Die beiden Flocken waren also in einem Zwischenraume von zwei Centimetres, übrigens ganz gleichmäßig, der Einwirkung der Luft ausgesetzt. Dennoch überzeugte ich mich des Morgens, daß die obere Flocke 14 Gran Feuchtigkeit angezogen hatte, während die untere nur 4 Gran aufgenommen hatte. Eine zweite Nacht war das Verhältniß dieser Quantitäten, wie 19 zu 6; ein drittes Mal wie 11 zu 2;

einmal wie 20 zu 4; es war immer die an der untern Fläche des Brettes befestigte Wolle, welche das geringere Gewicht hatte."

Kleinere Differenzen ergaben sich, wenn die andere Flocke nicht so, wie bei dem eben besprochenen Versuche, auf eine Art angebracht war, daß man von deren Standorte aus fast gar keinen Punkt des Himmels wahrnehmen konnte. So impregnirten sich z. B. 10 Gran Wolle, welche senkrecht unter dem beschriebenen Brette auf's Gras gelegt wurden, in einer Nacht mit 7 Gran Feuchtigkeit, in einer zweiten mit 9, in einer dritten mit 12 Gran. Unter denselben Umständen sog eine gleiche Masse Wolle, welche ebenfalls, jedoch ganz unbedeckt, auf's Gras gelegt ward, 10, 16 und 20 Gran Feuchtigkeit an sich. Das Brett bedeckte bei dem ersten Versuche den Himmel, in Beziehung auf die an dessen unterer Fläche befestigte Wolle, beinahe völlig; bei'm zweiten Versuche bei einem Abstande vom Brette von mehr als einem Metre, war für die Stelle, an welcher sich die Wolle befand, ein beträchtlicher Theil des Himmels sichtbar.

Man könnte vielleicht glauben, daß der Thau nach Art eines Regens niedergehe, und daß daher das Brett die Wolle nur mechanisch davor bewahrt habe; aber unter dieser Voraussetzung wäre es schwer zu erklären, wie der im Mittelpunkte der unteren Brettfläche angebrachte Flocken überhaupt feucht werden konnte. Um aber jeden Zweifel der Art zu beseitigen, setzte Hr. Wells einen Cylinder von gebrannter Erde senkrecht auf's Gras; dieser Cylinder war an beiden Enden offen, hatte eine Höhe von beiläufig einem Metre und einen Durchmesser von ein Drittel-Metre. Ein Flocken Wolle von 10 Gran im Gewichte, welcher sich im Mittelpunkte der Bodenfläche des Cylinders befand, nahm während der Nacht nur 2 Gran Feuchtigkeit auf, während die Gewicht-Zunahme eines ganz gleichen Flockens, welcher ganz freigegeben war, 16 Gran betrug. Da nun während des Versuches die Luft ganz ruhig war, so wäre zuverlässig eine gleiche Quantität Thau über beide

Flocken niedergegangen, wenn der Thau senkrecht herabfiele, wie mehrere Physiker angenommen haben. *)

Gleichartige Stoffe, unter gleichen Einflüssen dem Himmel ausgesetzt, können demungeachtet eine ungleiche Quantität Thau ansetzen; es genügt in dieser Beziehung, daß sie nicht die gleiche Lage gegen den Boden haben. Zehn Gran Wolle in einer Höhe von einem Metre über dem Boden auf ein Brett gelegt, werden während der Dauer einer Nacht 20 Gran Gewicht-Zunahme nachweisen, während ein gleicher Flocken in einer Höhe von 1½ Metres über dem Boden nur 11 Gran absorbirte, obwohl er der Luft eine größere Oberfläche dargeboten hat.

Kälte, welche während der Bildung des Thaues wahrgenommen wird.

Die Temperatur des thauenden Grases ist immer niedriger als jene der Luft.

Die Thermometer des Hrn. Wells mit kleinen Kugeln zeigten, unter kurzes Gras gesetzt, oft in ruhigen und heitern Nächten 4^0, 5^0, 6^0, und einmal sogar $7^0,8$ Celsius weniger, als ein gleicher Thermometer, dessen Kugel 1,2 Metre über dem Boden sich befand.

An Orten, welche von den Sonnenstrahlen nicht bestrichen werden und von wo man einen großen Theil des Himmels übersieht, beginnt dieser Unterschied der Temperatur des Grases und jener der dasselbe bestreichenden Luft, alsobald bemerklich zu werden, wie

*) Man könnte vielleicht auch darauf verfallen, einen namhaften Theil der Feuchtigkeit, welche ein Flocken Wolle während einer Nacht aufnimmt, der hydroscopischen (wassersaugenden) Eigenschaft zuzuschreiben, welche ihre Fasern auf die atmosphärischen Dünste ausüben; Hr. Wells hat beobachtet, daß an Orten, wo der Himmel nicht hereinsieht, 10 Gran Wolle keine wahrnehmbare Gewicht-Zunahme während der Dauer einer Nacht erlangen. Die Wirkung ist noch unmerklicher bei trübem Wetter, obwohl dann wegen des Uebermaaßes von Dünsten die hydroscopische Wirkung der Wolle das Maximum ihres Einflusses äußern muß.

die Atmosphäre sich abkühlt. Unter gleichen Umständen hält derselbe des Morgens noch einige Zeit nach dem Aufgange der Sonne an.

Wenn in sehr finsteren Nächten Wind geht, ist das Gras niemals kühler als die Luft, manchmal bleibt dasselbe sogar wärmer. Bei ruhigem Wetter und sehr hoch schwebenden Wolken findet manchmal eine sehr kleine Differenz zwischen der Temperatur des Grases und jener der Atmosphäre statt; man beobachtet dasselbe bei heftigem Winde und sehr reinem Himmel.

Kommen über Nacht Wolken nach vorausgegangener Heiterkeit, so steigt die Temperatur des Grases alsogleich um ein Beträchtliches. Eine Wolke, welche durch einige Minuten im Zenith verweilt, genügt, diese Wirkung hervorzubringen. In einer Nacht, sagt Wells, erhöhete sich die Temperatur des Grases, welche 6^0,7 Celsius weniger betrug, als jene der Luft, um 5^0,6, ohne daß die Temperatur der Atmosphäre sich geändert hätte. Ein anderes Mal stieg die Temperatur des Grases um 8^0,3 Celsius innerhalb 45 Minuten, während jene der in gleicher Richtung streichenden Luft nur um 1^0,9 Celsius variirte.

Von mehreren Thermometern, welche in einer und derselben Nacht an verschiedenen Stellen angebracht waren, sanken diejenigen am tiefsten, welche solche Standpunkte hatten, wo der meiste Thau fiel. Ein Thermometer, mit einem Flocken Wolle in Berührung gebracht, welcher auf einem Brette in einer Höhe von einem Metre über dem Boden befindlich war, zeigte 5^0 Celsius weniger, als ein zweites Thermometer, dessen Kugel in einem Ballen Wolle steckte, welcher an der unteren Fläche desselben Brettes angebracht war. Der auf dem Brette liegende Flocken marquirte eines Tages 6^0,6 Celsius; ein gleicher Flocken, in derselben Bodenhöhe in freier Luft aufgehängt, war um 2^0,2 wärmer.

Die Temperatur der Metalle sinkt manchmal um 1 — 2^0 Celsius unter jene der streichenden Luft herab; tritt dieser Fall ein, so sind andere Substanzen, als: Wolle, Flaum, Blätter der Pflanzen ꝛc. beträchtlich kälter als die Atmosphäre.

Die Metalle, welche am leichtesten vom Thau beschlagen, sind zugleich diejenigen, welche sich, einem heitern Himmel aus=

gesetzt, am schnellsten abkühlen. Diese Abkühlung bleibt jedoch allemal unerheblich: sobald ein Metall-Spiegel eine gewisse Dicke hat, wird seine Temperatur auch unter den günstigsten Verhältnissen nie um mehr als 1°,5 bis 2° Celsius tiefer stehen, als jene der Luft. Es verhält sich nicht ganz völlig so, wenn man ein dünnes Stück Metall von geringem Umfange, zum Beispiel ein Stück Goldpapier anwendet; die Abkühlung ist alsdann schon fühlbarer. Der Flaum des Schwanes ist von allen Stoffen, welche Hr. Wells bei seinen Versuchen angewendet hat, derjenige, welcher sich am meisten abkühlt: einmal fand er ein Endchen Flaum, welches 8°,3 Celsius weniger marquirte, als die Atmosphäre. Der Flaum des Schwanes ist von allen bekannten Stoffen derjenige, welcher unter gegebenen Verhältnissen mit der größten Menge Thaues beladen wird.

Der Schnee muß gleichfalls zur Zahl derjenigen Körper gerechnet werden, deren Temperatur in heiteren und ruhigen Nächten beträchtlich unter jener der Atmosphäre steht. Auf einem großen Platze Londons hat Hr. Wells Differenzen beobachtet, welche sich über 5° Celsius beliefen. Im freien Felde fand Hr. P. Wilson innerlich Differenzen bis zu 8°,9.

Theorie des Thaues.

Man hat eben gesehen, daß die beiden Eigenschaften der Körper, die Feuchtigkeit der Luft anzuziehen, und sich in heiteren und ruhigen Nächten weit mehr als die Luft abzukühlen, völlig gleichen Schritt halten.

Aber, wird man sagen, wie verhält es sich eigentlich mit der Kälte, welche man an thauenden Körpern beobachtet, ist sie die Ursache oder die Wirkung des Niederschlages der Feuchtigkeit?

Hr. Wells beweist, daß die Kälte den Thau veranlasse, indem er anführt:

daß 1) unter gewissen Umständen die festen Körper kälter werden, als die Luft, ohne darum Feuchtigkeit anzusetzen; und daß

2) wenn Thau einfällt, die Kälte, welche

ihn begleitet, bei weitem nicht mit der Quantität der abgelagerten Feuchtigkeit im Verhältnisse steht. Wir wollen einen Versuch anführen:

Bei sehr trockenem Wetter hatten 6 Gran Wolle, welche auf einem erhöhten Brette befindlich waren, bereits eine um 7^{0},7 Celsius niedrigere Temperatur erlangt, als jene der Luft, ohne daß noch die geringste Gewicht-Zunahme fühlbar war (man überzeugte sich hievon mit einer Wage, welche $\frac{1}{16}$ Gran ausschlug), während bei einem zweiten Feuchtigkeits-Zustande der Atmosphäre eine viel geringere Differenz der Temperatur bei übrigens völlig gleichen Umständen von einem Niederschlage von 18 — 20 Gran Thau begleitet ward.

Die Abkühlung der Massen geht also jederzeit dem Hervorkommen des Thaues voraus; aber in diesem Falle muß dessen Entstehung ganz auf dieselbe Art vor sich gehen, wie der Beschlag mit Feuchtigkeit, welcher an den äußeren Wänden eines Gefäßes stattfindet, welches mit Wasser, kälter als die Luft, gefüllt wird, d. h. sie trifft mit einer Natur-Erscheinung überein, wovon die Physiker bereits die vollständigste und befriedigendste Erklärung geliefert haben. Es ist in der That allgemein bekannt, daß die Luft für jeden einzelnen Wärmegrad nur eine bestimmte Quantität in Dünste aufgelöstes Wasser fassen kann, welche um desto größer ist, eine je höhere Temperatur sie besitzt. Diesen Umstand in's Auge fassend, wollen wir uns vorstellen, daß eine Luftschichte mit einem festen Körper von beträchtlich niederer Temperatur in Berührung komme; durch diese Berührung wird dieselbe augenblicklich abgekühlt werden, und alsbald wird sich ein Theil des in derselben aufgelösten Wassers niederschlagen; eine zweite Luftschichte schließt sich an die erstere an, kühlt sich gleichfalls ab und läßt ihrerseits alles das Wasser fahren, welches mit dem nunmehrigen Wärme-Zustande nicht mehr verträglich ist. Diese Erscheinung erneuert sich unzählige Male in sehr kurzer Zeit, und es wird die Oberfläche des die Abkühlung herbeiführenden Körpers alsbald mit Tröpfchen oder selbst mit einer in Eins zusammengeflossenen Wasserschichte bedeckt seyn. Sobald einmal bewiesen ist, daß eine Glasplatte, ein Wollflocken rc.

sich des Nachts mehr abkühlen, als die Atmosphäre, kann über den Ursprung der Feuchtigkeit, womit alle dergleichen Körper bedeckt werden, kein Zweifel mehr obwalten.

Vielleicht wird man nunmehr nach der Ursache fragen, warum in heiteren ruhigen Nächten die Temperatur der festen Körper viel tiefer sinkt, als jene der Atmosphäre.

Nach Hrn. Wells liegt diese Ursache in der geringen wärme-strahlenden Kraft eines heitern Himmels. Wenig Worte werden genügen, die Idee dieses einsichtsvollen Physikers in's Klare zu setzen.

Zwei Körper, in einiger Entfernung von einander aufgestellt, und auf einen verschiedenen Hitzegrad gebracht, werden am Ende selbst im leeren Raum eine gleiche Temperatur annehmen. Es giebt also Ausströmungen, Wärmestrahlen, welche von diesen Körpern in allen Richtungen ausgehen und durch deren Vermittlung sie, selbst von einander entfernt, einen gegenseitigen Einfluß auf einander ausüben; diese Ausströmungen, diese Strahlen constituiren das, was die Physiker „strahlende Wärme" nennen.

Es ist nunmehr leicht zu begreifen, daß ein Körper nur dann seine einmal erlangte Temperatur beibehalten könne, wenn er von den ihn umgebenden Körpern genau dieselbe Quantität Wärme empfängt, welche in jedem Augenblick von seiner Oberfläche ausströmt, und daß er sich im Gegentheile erwärmen oder abkühlen wird, wenn dieser Austausch sich nicht in jedem Augenblicke völlig compensirt. Hören wir nun, was Doctor Wells hierüber sagt:

„Denken wir uns einen kleinen Körper, welcher seinen Wärmestoff ganz frei ausstrahlt und welcher ebenso, wie die Atmosphäre, eine Temperatur über Null besitzt. Versetzen wir denselben bei ruhigem heiteren Wetter auf eine Unterlage, welche ein schlechter Wärmeleiter ist und ihrerseits auf dem Boden einer weiten freien Ebene aufliegt. Nehmen wir an, daß ein Gewölbe von Eis (gefrorenem Wasser) in einer beliebigen Höhe die Atmosphäre umschließe. Bei solcher Lage der Dinge wird dieser kleine Körper in kurzer Zeit eine niedrigere Temperatur annehmen, als die denselben umgebende Luft. Denn jener

Körper wird nach aufwärts Wärme ausstrahlen, ohne daß die nach oben vorausgesetzte Eisdecke, bei ihrem tieferen Temperatur-Stande, ihm alles das ersetzen kann, was er hiedurch verliert. Er wird aber auch einen sehr geringen Wärme-Zufluß vom Boden erlangen, weil er nach der Annahme hievon durch einen schlechten Wärmeleiter getrennt ist; seitwärts befindet sich, der Voraussetzung zufolge, ebenfalls weder ein flüssiger noch fester Körper, welcher ihm, sey es durch Ausstrahlung oder Zuleitung, einige Wärme mittheilen könnte. Die Luft ganz allein könnte einige Wirkung auf ihn ausüben, aber im ruhigen Zustande ist die Wärme, welche ein Theil der Luft an den andern abgiebt, zu unbedeutend, als daß man annehmen könnte, es werde diese Ursache für den Wärme-Verlust des kleinen Körpers vollkommenen Ersatz leisten."

„Aehnliche Umstände, wie die eben vorausgesetzten, begleiten den Niederschlag des Thaues auf einer horizontalen offenen Wiese; während der heiteren ruhigen Nächte strahlen die oberen Spitzen des Grases ihren inwohnenden Wärmestoff gegen den leeren Raum aus, ohne dafür einen Ersatz zu erlangen; die unteren Theile des Grases, welche sehr schlechte Wärmeleiter abgeben, können ihnen nur einen sehr kleinen Theil der Boden-Wärme zuführen *). Da sie übrigens von den Seiten nichts und von der Atmosphäre einen sehr geringen Zufluß erhalten, so müssen sie unter der Temperatur der Atmosphäre zurückblei-

---

*) Um zu zeigen, welchen auffallenden Einfluß die verschiedene Wärmeleitungs-Fähigkeit bei den Erscheinungen ausübt, welche uns gegenwärtig beschäftigen, hat Hr. Wells folgenden Versuch angestellt:

Ein Trinkglas mit flachem und dickem Boden ward lothrecht in unzusammengedrückte Gartenerde eingesenkt, so daß dessen oberer Rand mit der Bodenfläche in einer Linie war; ein ganz ähnliches Glas ward daneben mit der Mündung nach Oben auf den Boden gestellt. Beide wurden in dieser Lage eine ganze Nacht hindurch belassen; des andern Morgens war das Innere des ersten Glases völlig trocken, während sich in das zweite Thau niedergesenkt hatte: der Boden desselben zeigte + 9°,7 Celsius, der Boden des eingegrabenen Glases + 13°,3. Ein Thermometer in freier Luft zeigte zu gleicher Zeit 11°,6.

ben und die darin aufgelösten Dünste condensiren, sobald selbe so reichlich vorhanden sind, daß der von dem Grase erlittene Wärme-Verlust in dieser Rücksicht schon in Betracht kommt."

Die Beobachtungen, welche wir rücksichtlich der ungleichmäßigen Abkühlung der ungleich exponirten Körper berichtet haben, schließen sich völlig an diese Theorie an. Man wird zum Beispiel einsehen, warum ein zwischen dem fraglichen Gegenstand und dem Himmel angebrachter fester Schirm dessen Abkühlung vorbeugt: der Wärme-Verlust, welchen dieser Körper durch die Ausstrahlung gegen den leeren Raum erlitten hätte, wird (mehr oder weniger) durch die gegenseitige Ausstrahlung, welche von der untern Fläche dieses Schirmes ausgeht, völlig wieder compensirt; denn die Temperatur dieser Schirmfläche kann nur wenig von jener der dieselbe umgebenden Atmosphäre differiren. Die Wolken vertreten die Stelle eines solchen Schirmes, und verhindern oder vermindern ganz in der eben besprochenen Art die über Nacht stattfindende Abkühlung. Man wird nur beizufügen haben, daß, nachdem die Wolken beiläufig jene Temperatur besitzen werden, welche der Luftschichte eigen ist, in der sie schweben, sie den Wärme-Verlust der irdischen Objekte durch die von ihnen ausgehende Ausstrahlung um so unvollständiger ersetzen werden, als sie höher in der Luft schweben, womit auch die Beobachtungen übereinstimmen.

Was die Winde betrifft, so führen selbe den festen Körpern immerfort neue wärmere Luftschichten zu und ersetzen ihnen auf diese Weise völlig oder größten Theils den durch Ausstrahlung erlittenen Wärme-Verlust; mithin verhindern oder vermindern Winde und Wolken die Entstehung des Thaues, indem sie der nächtlichen Abkühlung, welche die unmittelbare Ursache davon ist, vorbeugen oder dieselbe verringern.

Die verschiedenen Beobachtungen, welche wir im Vorausgehenden mitgetheilt haben, erklären sich ganz ebenso natürlich. Man wird z. B. sehr begreiflich finden, daß jene Metalle, welche sich am schwersten abkühlen, und welche der Thau zuletzt angreift, nämlich das Gold, Silber, Kupfer und Zinn, genau dieselben sind, an welchen Hr. Leslie bei direkten Versuchen die geringste Wärme-Ausstrahlung wahrgenommen hat. Die

Leitungs-Fähigkeit tritt hiebei ebenfalls als ein Moment von der größten Bedeutung ein: nachdem selbe den Metallen in hohem Grade eigen ist, so theilt sich ihnen die Wärme des Bodens rasch mit und es verringert sich auf diese Weise die nächtliche Abkühlung derjenigen, welche auf dem Boden ruhen, um Vieles; auch wird man wahrnehmen, daß das Platina, welches unter allen Metallen der schlechteste Leiter ist, unter übrigens gleichen Umständen am meisten Thau ansetzt.

In einem guten Leiter werden dessen sämmtliche Schichten rasch eine gleichartige Temperatur annehmen. Kaum daß die Ausstrahlung in's Freie die erste Oberfläche abgekühlt hat, werden ihr die unteren Schichten derselben einen Theil ihres Wärme-Gehaltes mittheilen: ein Metall-Spiegel wird sich folglich erst dann mit Thau belegen, wenn dessen ganze Masse sich unter der Temperatur der Luft abgekühlt hat. Die Abkühlung eines schlechten Leiters, im Gegentheil, welche sich beinahe auf dessen oberste Schichte beschränkt, wird zugleich rascher und intensiver seyn. Hieraus folgt, daß ein Metall-Spiegel, welcher in einer Höhe von mehreren Decimetres über dem Boden aufgehangen ist, auf der unteren Fläche feucht werden müsse, sobald sich an der oberen Fläche Thau ansetzt, und hiemit stimmt auch die Erfahrung vollkommen überein. Bei der gleichen Stellung wird die untere Fläche eines schlechten Leiters völlig trocken bleiben, selbst wenn die dem Himmel zugekehrte Seite eine beträchtliche Menge Feuchtigkeit angezogen hat.

Ein isolirter Körper, von welcher Beschaffenheit er seyn mag, kühlt sich nicht so leicht ab, als wenn er auf einer ziemlich breiten horizontalen Unterlage aufliegt. Im erstern Falle werden diejenigen Luftschichten, welche sich an dem Körper abgekühlt haben, alsobald vermöge ihrer hiedurch vermehrten Schwere hinabsteigen und augenblicklich, selbst bei ganz ruhigem Wetter, durch neue wärmere Schichten ersetzt werden. Dieses Hinabsinken der erkälteten Luft kann im zweiten Falle nicht statt haben: hierin liegt die Ursache des verschiedenen Erfolges, welchen man wahrnimmt, je nachdem Woll-Flocken isolirt oder auf einem horizontalen Brette gelagert sind.

Mit einem Worte: es giebt unter allen bekannten Erscheinun-

gen, welche auf die Entstehung des Thaues Bezug haben, keine einzige, worüber ein aufmerksamer Leser sich keine genügende Rechenschaft zu geben vermöchte, wenn er von dem Grundsatze ausgeht, daß die Feuchtigkeit sich an der Oberfläche eines Körpers erst dann ansetzen wird, wenn derselbe durch Ausstrahlung in das Freie sich vorerst abgekühlt hat *).

Geschichtliche Details.

Die hier folgenden historischen Notizen wurden größten Theils aus verschiedenen Kapiteln des interessanten Wells'schen Werkes gezogen; bei deren Zusammenstellung glaubte ich eine kurze Andeutung derjenigen Vorarbeiten beifügen zu sollen, von welchen dieser einsichtsvolle Physiker keine Wissenschaft hatte.

Aristoteles hat bereits ganz gut gewußt, daß die heiteren und ruhigen Nächte die einzigen sind, in welchen Thau niedergeht. (Siehe seine Abhandlungen über Meteore.) Dieses Resultat, welches sich vollkommen an die Theorie des Doctor Wells anschließt, wie wir eben gesehen haben, wurde jedoch von mehreren neueren Beobachtern wieder in Zweifel gezogen. Muschenbroek zum Beispiel sagt, daß in Holland der Thau sich im Ueberfluß zeige, selbst wenn die unteren Schichten der Atmosphäre von einem dichten Nebel erfüllt sind; aber indem er zu gleicher Zeit anführt, daß man in diesem Falle den

*) Giebt man die Richtigkeit der eben aufgestellten Erklärungs-Art zu, so wird man einsehen, daß in gemäßigten Klimaten an die bloßen Theile des menschlichen Körpers sich niemals Thau ansetzen werde, weil deren Temperatur jene der Luft allezeit übertrifft. Unter der heißen Zone wäre es im Gegentheil möglich, bemerkt Hr. Wells, daß der Thau sich an den Händen, im Gesichte ꝛc. selbst bei Tage ablagere.

Nach eben diesen Principien wird man auch folgern müssen, daß die Ausstrahlung der Glashülle, welche das Quecksilber im Thermometer einschließt, einen tieferen Stand dieser Instrumente veranlassen könne, als welcher der wahren Temperatur der Luft entspricht, der sie ausgesetzt sind. Ein Schirm, welcher dem Thermometer den Himmel verdeckt, wird solchen Unrichtigkeiten vorbeugen.

Thau ebenso gut an der Oberfläche der Metalle, als an andern Körpern antrifft, so folgt, daß diese Art Feuchtigkeit gar kein eigentlicher Thau sey. Was die Ruhe der Atmosphäre betrifft, so halten einige Physiker dieselbe für so unwesentlich, daß sie behaupten (siehe zum Beispiel das Journal de l'Ecole Polytechnique, II. Bd. S. 409.): „die Formation des Thaues ist stets von einem Winde begleitet, der immer von der Gegend der Sonne herkommt;“ aber diese Ansicht ist nicht haltbar, weil man sich überzeugt hat, daß der Thau ohne Unterbrechung vom Untergang bis zum Aufgang der Sonne niedergehe.

Noch mehrere andere wichtige Beobachtungen sind Aristoteles zuzuschreiben; er ist es, welcher zuerst erkannt hat, daß der Thau auf den Bergen weniger ergiebig ist, als in den Ebenen; daß der Reif sich zuerst als Thau ansetzt und erst hernach zu Eis wird; daß derjenige Wind, welcher in einer Gegend eine gewisse Wirkung äußert, an einem andern Orte einen ganz entgegengesetzten Einfluß ausüben kann. Dieß sind übrigens die einzigen, auf bestimmte Beobachtungen gegründeten Nachrichten, welche die Alten uns über die Erscheinungen des Thaues hinterlassen haben.

Aristoteles hat auch der Ursache dieser Erscheinungen nachgeforscht. Nach seiner Meinung ist der Thau eine besondere Art Regen, welcher sich in den unteren Schichten der Atmosphäre einstellt, sobald die nächtliche Kühle die darin enthaltenen Dünste in kleine Tröpfchen condensirt hat, und ganz nahe liegt auch die Erklärung, welche in unsern Tagen Hr. Leslie in seinem Werke: „On heat and Moisture,“ aufgestellt hat. Das Vorhandenseyn von Strömungen, durch welche die oberen kalten mit den unteren warmen Luftschichten vermischt werden, ist zwar eine ausgemachte Sache; diese Vermischung kann auch bisweilen Dunstbläschen erzeugen; allein man wird auch zugeben, daß bei heiterem Himmel die gesammte, von dieser Ursache herrührende, in einer Nacht niedergehende Feuchtigkeit immer sehr unergiebig seyn wird; überdieß folgt die Unhaltbarkeit der Behauptung, daß die gesammte Masse des Thaus nach Art des Regens herabfalle, ganz leicht aus der Betrachtung, daß es dann unerklärlich wäre, wie ein Flocken Wolle, senkrecht

unter einem Brette angebracht, sich befeuchten, und dagegen eine der freien Luft ausgesetzte Metall-Fläche trocken bleiben könne.

Die Glasglocken, womit die Gärtner die Pflanzen während der Nacht bedecken, sind des Morgens an ihrer inneren Fläche mit Feuchtigkeit überzogen. Diese Beobachtung hat zu der Annahme verleitet, daß der Thau aus der Erde aufsteige. Die ersten Spuren dieser Meinung findet man in der „Geschichte der Akademie für 1687.“ Gersten gab im Jahr 1733 eine weitläufige Abhandlung heraus, wodurch bewiesen werden sollte, daß hierin wirklich die einzige Veranlassung jener Feuchtigkeit zu suchen sey, welche bei heiterem Wetter sich an die Oberfläche der Körper ansetzt. Muschenbroek adoptirte zuerst die Meinung Gersten's; später stellte er die Ansicht auf, daß es drei Arten von Thau gebe: die erste, welche zugleich dichter sey, als die beiden andern Arten, erhebe sich aus den Seen, Flüssen und Sümpfen; eine zweite dringt aus den Pflanzen und aus der Erde hervor; eine dritte fällt aus der Luft herab. Dufay versuchte im Jahre 1736 das System des deutschen Physikers wieder aufleben zu machen; mehrere neuere Meteorologen haben dasselbe ebenfalls adoptirt, es wird daher nicht unnütz erscheinen, hier Einiges über die durch Hrn. Wells deßhalb angestellte Prüfung mitzutheilen.

Es wird vor Allem auffallen, daß der Versuch mit der umgestürzten Glocke, vorausgesetzt, er sey richtig, nur beweise, daß die von der Erde aufsteigenden Dünste einigen Antheil an der Entstehung des Thaues haben können, keineswegs aber, daß sie die einzige Ursache hievon seyen.

Dufay entlehnte sein Haupt-Argument von einer sehr richtigen Beobachtung, welche er angestellt hatte: daß nämlich der Thau sich desto schneller an einen Körper ansetzt, je näher derselbe sich an der Erde befindet; aber dieß erklärt sich auch ganz natürlich nach der Theorie des Dr. Wells; denn in einer ruhigen heitern Nacht müssen die unteren Luftschichten, welche im Allgemeinen kälter sind als die oberen, vor diesen zu jenem niederen Temperatur-Stande gelangen, bei welchem sie einen Theil ihrer Feuchtigkeit fahren lassen. Man könnte,

wenn es damit allein nicht schon genug wäre, noch beifügen, daß ein Flocken Wolle, welcher in der Mitte eines horizontalen über den Boden erhobenen Brettes angebracht und daher vor allen aufsteigenden Dünsten bewahrt ist, nichts desto weniger eine größere Menge Feuchtigkeit aufnimmt, als ein ähnlicher in derselben Höhe frei in der Luft aufgehangener Flocken. So leicht es übrigens ist, zu zeigen, daß der Thau nicht ausschließend von Erddämpfen herrühre, so hätte es dagegen einige Schwierigkeit, auszumitteln, in welchem Maaße dieselben zu dessen Entstehung beitragen, obwohl man allen Grund hat, anzunehmen, daß sie im Allgemeinen nur in sehr geringem Maaße daran Theil haben.

Die Forschungen, welche Muschenbroek und Dufay aus Veranlassung der Gersten'schen Theorie anstellten, waren nicht ganz unfruchtbar. Der Erste entdeckte, daß am polirten Metalle sich kein Thau ansetze; der Zweite fand die Bestätigung dieser auffallenden Bemerkung in verschiedenartigen Beobachtungen. Er lieferte in der Folge, im Gegensatz der allgemeinen Ansicht, den Beweis, daß die Abendfeuchtigkeit und der Morgenthau nur verschiedene Momente eben derselben Erscheinung seyen, indem er zeigte, daß die Feuchtigkeit sich zu allen Stunden der Nacht in ziemlich gleichen Quantitäten ablagere.

Zu den Zeiten Dufay's war die ungleiche Wärme-Ausstrahlungs-Fähigkeit, welche den verschiedenen Substanzen eigen ist, noch nicht bekannt. Die mit polirten Metallen angestellten Beobachtungen standen daher damals ganz abgerissen da; sie schlossen sich an keine bekannte Ursache an; auch wußte Dufay dieser seiner Entdeckung keine andere bekannte Erscheinung als damit einigen Zusammenhang verrathend an die Seite zu stellen, außer daß jene Stoffe (die Metalle), welche vom Thau nicht befeuchtet werden, zugleich diejenigen seyen, an welchen durch Reibung keine Electricität mehr erweckt werden kann. *)

---

*) Hr. Wells ist, wie ich glaube, darin irrig, wenn er Hr. Dufay die Ansicht zumuthet, daß der Thau ein elektrisches Phänomen sey, denn dieser Physiker sagt ausdrücklich Seite 368 seines Aufsatzes: „Ohne aus der Beziehung, welche ich anführen werde, eine Folgerung ziehen zu wollen.“ Und nur nach Vorausschickung

Um die Unhaltbarkeit der Systeme zu zeigen, welche man auf diese Bemerkung gestützt hat, will ich nur mit Hrn. Wells anführen, daß die Kohle, welche, wie bekannt, ein sehr guter Leiter für die Electricität ist (bei welcher sich daher durch Reibung die Electricität ebenfalls nicht beträchtlich anhäufen läßt), nichts desto weniger die Eigenschaft besitzt, reichlichen Thau anzusetzen.

Nach Muschenbroek kommt die Feuchtigkeit, welche man an den Pflanzen-Blättern wahrnimmt, von ihrer eigenen Ausdünstung; hiefür giebt er folgenden Beweis: Eine Mohn-Pflanze, deren Stengel durch eine in einer breiten Bleiplatte angebrachte Oeffnung durchgieng, ward des Abends mit einer Glasglocke überdeckt; des andern Morgens waren deren Blätter voller Feuchtigkeit, obwohl nach der eben bemerkten Disposition und da überdieß die Oeffnung, bei der die Pflanze hereinragte, verkittet war, alle Communication mit dem Boden und der äußeren Luft abgeschlossen war.

Wird dieser Versuch einer aufmerksamen Prüfung unterzogen, so ergiebt sich, daß man aus demselben weiter nichts folgern könne, als daß der Saft, welcher durch die secretirenden Organe der Pflanzen ausschwitzt, auch in etwas zur Entstehung des Thaues mitwirken könne; aber man kann keine Parallele zwischen jener Feuchtigkeit, welche sich in einem geschlossenen Gefäße, in einem mit Feuchtigkeit gesättigten Luftraume, der vor der Nachtkühle geschützt ist, und zwischen derjenigen ziehen, welche sich auf jedem Blatte in freier Luft entwickelt und erhalten haben würde. Die zahlreichen Versuche, welche Hr. Watt über den Thau angestellt hat, womit sich Stoffe bedecken, bei welchen kein organisches Leben stattfindet, wie die Wolle, der

---

dieser Bemerkung machte er auf die hohe Leitungs-Fähigkeit der Metalle für die Electricität aufmerksam. Weiter unten, nachdem er erinnert hatte, daß die Metalle die einzigen Stoffe seyen, welche nicht zum Phosphoresciren zu bringen sind, fügt er bei: „Ich gestehe, weit entfernt zu seyn, die Beziehung, welche zwischen so verschiedenen Eigenschaften statt finden mag, für ausgemacht zu halten, doch möchte ich auch nicht behaupten, daß hierin gar kein eigentlicher Bezug obwalten dürfte.

Flaum des Schwans, das Glas ꝛc., zeigen überdieß zur Genüge, daß die Ausdünstung der Pflanzen bei diesen Erscheinungen nur einen sehr secundären Rang behaupten können. *)

Von allen Physikern, welche vor Hrn. Wells den Ur-

---

*) Die eigenthümliche Lage, welche die Thautropfen auf den Blättern einiger Pflanzen annehmen, wurde ebenfalls von Muschenbroek und anderen Physikern als Beweis angeführt, daß diese Flüssigkeit dem Safte zuzuschreiben sey, welcher aus deren excretirenden Gefäßen quillt. „Daher kommt es," sagt man, „daß die Tropfen dieser Art Thau unter sich an Größe und Zahl so verschieden sind und je nach der Struktur, der Stärke, der Zahl und Lage dieser Gefäße verschiedene Stellen einnehmen; bald sind sie zunächst am Blattstiele angesammelt, wie bei Kohl- und Mohn-Pflanzen, ein andermal zeigen sie sich an den Conturen der Blätter und an allen hervorragenden Punkten, wie man es vorzugsweise an der indianischen Kresse bemerkt. Sie befinden sich auch nicht selten an der Spitze des Blattes, wie bei dem Wiesengrase. Man wird nicht zwei Pflanzen, welche verschiedenen Gattungen angehören, antreffen, bei denen der Thau auf dieselbe Weise sich angesetzt hat." (Muschenbroek III. Bd. §. 2545.) Le Roy von Montpellier hat schon darauf aufmerksam gemacht, daß, wenn man zum Beispiel in der Regel eine beträchtliche Menge Thau am Blattwinkel des Blumenkohls nahe am Stiele antrifft, die Ursache dieser Anhäufung in der Abschüssigkeit zu suchen sey; und wirklich darf man ein solches Blatt nur leise erschüttern, so sieht man, wie alle auf der Oberfläche desselben verbreiteten Tropfen sich vereinigen und sohin gegen den Ursprung des Blattes zusammenlaufen. Man kann diese Erscheinung um so weniger einer Eigenthümlichkeit der excretirenden Gefäße zuschreiben, als bei vorgeschrittenem Wachsthume des Blumenkohles, wenn das Blatt eine andere Gestalt angenommen hat, der Thau, anstatt gegen die Blattwinkel sich anzuhäufen, sich an den Saum des Blattes zieht und in großen Tropfen um die kleinen Erhöhungen ansammelt, womit selbe besetzt sind. Durch Combinirung von diesen Betrachtungen mit der Bemerkung, daß die hervorragenden Theile, welche weniger Masse haben, sich daher stärker abkühlen, wird man auf eine sehr einfache Weise alle diese Erscheinungen erklären können, ohne genöthigt zu seyn, nach Art einiger Botaniker hiebei die kleine Quantität Saftes, welche von den excretirenden Gefäßen ausgeschwitzt wird, eine Hauptrolle spielen zu lassen.

sachen des Thaues nachgeforscht haben, hat nach meiner Meinung Le Roy von Montpellier am nächsten an's Ziel getroffen. Der Leser mag übrigens selbst urtheilen.

Nachdem er sich über die Gründe verbreitet hat, aus welchen er die bei Nacht aus der Erde aufsteigenden Dünste mit für eine Ursache des Thaues ansieht, bemerkt Le Roy noch *): „Die diesen Dünsten ausgesetzten Gräser oder das Glas werden sich während der Nacht ebensosehr abkühlen, als die Luft, und weit mehr, als die Erde, daher die vom Boden aufsteigenden Dünste sich an diesen Körpern ablagern können, ohne in gleichem Maaße verflüchtigt zu werden.“

Man müßte heut zu Tage nur eine einzige kleine Aenderung mit diesem Paragraphen vornehmen, um ihn ganz correct zu machen; man müßte nämlich beisetzen, daß die Temperatur des Glases nicht nur geringer werden wird, als jene des Erdbodens, sondern daß sie auch unter jene der umgebenden Luftschichte herabsinken wird. Was die direct von der Atmosphäre kommende Feuchtigkeit betrifft, so erklärt sie Le Roy minder glücklich, weil nach seiner Meinung deren Niederschlag allezeit durch eine vorausgegangene Abkühlung der Luft bedingt ist. Die Kritik dieses Physikers über die Theorien Gerster's, Muschenbroek's und Dufay's ist überdieß außerordentlich einsichtsvoll und trifft mit jener, welche darüber in dem Werke des Dr. Wells enthalten ist, beinahe völlig überein. Ich bemerke schließlich, daß in dem Aufsatze Le Roy's noch eine sehr wichtige Beobachtung enthalten ist, deren Richtigkeit der englische Forscher seitdem bestätigt gefunden hat: daß nämlich die Luft manchmal dem Sättigungspunkte so nahe ist, daß bei heiterem Himmel sich an Stellen, welche vor den Sonnenstrahlen geschützt sind, am hellen Tage an den Pflanzen Wasser absetzt.

Es wäre hier der Ort, einige merkwürdige Erscheinungen zu entwickeln, welche Hr. Benedict Prévost entdeckt hat, und deren Erklärung zuerst der gelehrte Dr. Young und in der Folge Hr. Pierre Prévost aus Genf auf das Prinzip der Wärme-Ausstrahlung gestützt haben; aber bei dem Umfange,

---

*) Memoiren der Akademie von 1751, Seite 509.

welchen dieser Artikel bereits erlangt hat, muß ich mich darauf beschränken, nur daran zu erinnern.

Die Beobachtungen des Hrn. B. Prévost betreffen den Einfluß, welchen die metallenen Armaturen auf die Menge der Feuchtigkeit ausüben, die sich an den Fensterscheiben unserer Wohnungen ansetzt. Jedermann weiß, daß, wenn die äußere Luft sich des Nachts abkühlt, die Fensterscheiben sich von Innen mit Feuchtigkeit bedecken. Man bemerkt das Gegentheil, wenn die äußere Luft wärmer geworden ist, als die im Zimmer. — Kleben wir nunmehr auf eine dieser Scheiben von innen oder außen eine polirte Metallplatte; befindet sich diese Metallplatte an der Seite, an welcher die stärkere Abkühlung statt findet, so wird sich keine Feuchtigkeit an der wärmeren Seite, an jenen Stellen der Fensterscheibe absetzen, welche der Metall-Bedeckung entspricht, während die übrigen Theile davon bedeckt seyn werden.

Wenn im Gegentheile der Spiegel an der Stelle angebracht ist, welche warm geblieben ist, so wird sich nirgends reichlichere Feuchtigkeit zeigen, als an dem Theile des Fensters, dessen Contour durch jene der Armatur bestimmt wird. Die Verknüpfung dieser Erscheinungen mit den Eigenthümlichkeiten der Metalle rücksichtlich der Wärme-Ausstrahlung ist zu evident, als daß wir uns länger hiebei aufzuhalten hätten.

Wir haben bisher gesehen, wie glücklich Hr. Wells seine thermometrischen Beobachtungen zu benützen verstand, um hieraus die Erklärung der Erscheinungen des Thaues abzuleiten; es wird daher auch am Schlusse dieses Artikels eine kleine Abschweifung nicht unschicklich angebracht seyn, um auf einige verwandte Erscheinungen aufmerksam zu machen, welche der Beobachtung der Physiker nicht entgangen sind.

Man ist schon sehr zeitlich, selbst vor Erfindung der Thermometer, auf die Wahrnehmung gekommen, daß die wolkigen Nächte in der Regel weniger kühl sind, als die heiteren (siehe z. B. Lord Bacon's Hist. nat. §. 886.); aber erst sehr spät hat man sich damit befaßt, den numerischen Werth der Einwirkung auszumitteln, welche das Erscheinen einiger Wolken nach sich zu ziehen pflegt. Im Jahre 1771 beobachtete Hr. A.

Wilson in einer Winternacht, welche wechselweise bald heiter, bald trübe war, den Stand des Thermometers, und fand, daß er constant um 0°, 6 Cels. in demselben Augenblicke stieg, als die Atmosphäre sich trübte, und daß er auf den früheren Stand zurückkehrte, sobald der Nebel sich zerstreute.

Auf demselben Wege fand Hr. Patrik Wilson (siehe Transactions d'Edimbourg für 1788), daß die momentane Einwirkung der Wolken auf ein in der freien Luft aufgehangenes Thermometer manchmal bis 1°,7 Cels. betrage. Ein, diesem ganz nahe kommendes Resultat fand auch Hr. Pictet im Jahre 1717, welches zuerst in dem Werke des Hrn. Prévost im J. 1792 bekannt gemacht wurde, und wo auch bereits die Bemerkung eingeschaltet ist, daß die Ausstrahlung der Wolken als Ursache dieser Erscheinung anzusehen sey; immer war es jedoch damals noch unbekannt, daß diese Ausstrahlung die Atmosphäre weit weniger abkühle, als einen festen Körper.

Ein sonderbarer Umstand, dessen Entdeckung man Hrn. Pictet verdankt, ist es, daß in ruhigen heiteren Nächten die Temperatur der Luft, anstatt in dem Maaße abzunehmen, als man sich von dem Boden entfernt, wenigstens bis zu einer gewissen Höhe eine zunehmende Reihe abgiebt. Ein Thermometer in einer Höhe von 2½ Metres über dem Boden zeigte die ganze Nacht um 2°, 5 Cels. weniger, als ein ganz gleiches Instrument, welches an der Spitze einer 17 Metres hohen Stange aufgehangen war. Zwei Stunden ungefähr nach dem Aufgang der Sonne, so wie auch zwei Stunden vor dem Untergange stimmten beide Instrumente überein; gegen Mittag zeigte das dem Boden nähere Thermometer öfter 2°, 5 Cels. mehr als das andere; bei völlig trübem Wetter stimmten beide Instrumente Tag und Nacht völlig überein. (Siehe die Briefe Deluc's an die Königin von England, Bd. v. 1779.)

Diese Beobachtungen Hrn. Pictet's wurden im J. 1783 durch Hrn. Six von Canterbury bestätiget und ein ganzes Jahr hindurch wiederholt. Ein in einem Garten 9 engl. Schuh über dem Boden aufgehangenes Thermometer stand bei heiterem ruhigem Wetter in der Nacht um 5°, 6 Cels. tiefer, als ein Thermometer, welches an der Spitze des Glockenthurmes der Cathe-

drale von Canterbury in einer Höhe von 220 Fuß aufgehangen war. (Siehe Transact. philos. für 1788. S. 103. ff.)

Während dieser Versuche hat Hr. Pictet auch die Temperatur eines Thermometers in freier Luft mit derjenigen eines andern Thermometers verglichen, dessen Kugel in den Boden eingesenkt war. Die Erde behält während der Nacht einen beträchtlichen Theil der Wärme, welche sie während des Tages erlangt hat; der eingegrabene Thermometer behielt daher immer den höchsten Stand. Eine wichtige Bemerkung ist der Aufmerksamkeit des Genfer Physikers entschlüpft: daß nämlich die Oberfläche des Bodens und die denselben bedeckenden Pflanzen in einer heiteren Nacht eine Temperatur annehmen, welche unter derjenigen der darüber befindlichen Luftschichte steht *). Hr. Pictet spricht freilich von einem Thermometer, welches 4 Linien über der Oberfläche des Bodens aufgehangen war, und welches einen noch tieferen Stand behauptete, als das Thermometer in der Höhe von 5 Fuß; aber er erwähnt nirgends, daß er die Kugel eines dieser Instrumente an einen festen Körper aufgestützt habe. Hr. Six dagegen sagt ganz gerade heraus, daß ein Thermometer auf dem Boden (upon the ground) in der Mitte einer Wiese sich tiefer stellte, als ein gleiches Instrument in einer Höhe von 6 engl. Fuß. In einem nachgelassenen Werke desselben Schriftstellers, welches im J. 1794 in Canterbury publicirt ward, findet man eine Menge Bestimmungen dieser Art, welche bis 7°,5 Cels. für die Temperatur-Differenzen der Luft und des Wiesengrases angeben. In seinem ersten Aufsatze erklärt Hr. Six die niedrige Temperatur des Grases erstens durch den Thau, welcher dasselbe bei heiterem Wetter bedeckt, und welcher beim Herabfallen noch die Temperatur jener oberen Luftschichten beibehalten, in welchen er nach seiner Meinung entsteht; zweitens durch Verdünstung. Dahin

*) Ein Thermometer, welches einen Zoll tief unter der Oberfläche des Bodens eingegraben war, zeigte manchmal nach der Beobachtung des Hrn. Wells, um 8°,9 mehr, als ein auf dem Grase angebrachtes Instrument, und um 5°,6 mehr, als ein in freier Luft aufgehangenes.

geht auch die Ansicht Hrn. Wilson's. (Siehe die Transact. von Edimburg für 1788.) Die Entdeckung des Hrn. Wells begründet sich folglich in den sehr wichtigen Beobachtungen, welche er hundertfältig wiederholt hat, und aus denen man die unumstößliche Gewißheit ziehen muß, daß bei heiterem Wetter die festen Körper, welche einer Wärme-Ausstrahlung gegen den freien Raum unterworfen sind, sich unter der Temperatur der Atmosphäre abgekühlt haben, bevor der Thau ihre Oberfläche zu benetzen anfängt. Die Abkühlung dieser Körper ist sonach die Ursache und nicht die Folge ihrer Bethauung. Man kann sogar im Gegensatze der Meinungen Wilson's und Six's beifügen, daß die Wärme, welche frei wird, wenn die in der Atmosphäre aufgelösten Wasserdünste bei ihrem Uebergange von dem gasförmigen in tropfbaren Zustand sich an die Oberfläche der festen Körper ablagern, eine jener Ursachen ist, welche am meisten zur Verringerung der Wirkung der nächtlichen Abkühlung beiträgt.

Temperatur der verschiedenen Thier-Gattungen.

Die leblosen Stoffe von geringem Umfange nehmen in ziemlich kurzer Zeit die Temperatur der Atmosphäre an, welche sie umgiebt. Der größte Theil der lebenden Wesen im Gegentheile ist bis auf einen gewissen Grad mit der Fähigkeit begabt, dieser Temperatur-Ausgleichung zu widerstehen. Eine Masse Blei, Eisen oder Marmor von dem Umfange eines menschlichen Körpers nimmt in wenigen Stunden die Temperatur der sie bestreichenden Luft an; das Blut des Seefahrers marquirt beinahe den gleichen Thermometer-Grad, sey es, daß er die eisigen Fluthen bei Spitzbergen, oder die brennenden Regionen des Aequators beschiffe. Es kann hier nicht die Rede davon seyn, die Ursache dieser merkwürdigen Eigenschaft zu prüfen; ich will hier nur die Temperatur-Differenzen zwischen den ver-

schiedenen Thier-Gattungen nach einer ganz neuerlichen Arbeit Hrn. John Davy's mittheilen.

Die Beobachtungen dieses erfahrenen Chemikers wurden in England, in Ceylon oder auf dem Meere angestellt. In den nachfolgenden Tabellen findet man die ersten mit litt. E. (England), die zweiten mit litt. C. (Ceylon), und die auf dem Meere angestellten mit litt. M. bezeichnet.

Die Temperatur großer Thiere ward bestimmt, indem man die Kugel des Thermometers unter ihre Zunge nahe an der Wurzel anlegte, oder auf eine dem ähnliche Weise. Bei den Insecten bediente sich Hr. Davy eines Thermometers mit sehr kleiner Kugel, welche er in den Körper des Thieres bei einem im Augenblicke des Versuches applicirten Einschnitte einsenkte.

Temperatur der verschiedenen Menschen-Racen, angestellt zu Candy (Ceylon).

Drei kräftige Arbeiter von 24 bis 33 Jahren	37°,1 Cels.
Drei Vaida von 30 — 60 J.	36,8 —
Drei Priester des Bouddha von 15 — 30 J.	37,1 —
Fünf Neger aus Afrika von 23 — 35 J. .	37,2 —
Vier Malaien von 17 — 35 J.	37,2 —
Sechs Cipaien von 19 — 38 J.	37,1 —
Zehn englische Soldaten von 23 — 36 J. .	37,3 —

Isle de France.

Drei Neger aus Madagascar	36,9 —
Zwei auf der Insel ansäßige Engländer . .	36,9 —

Temperatur derselben menschlichen Individuen bei verschiedenen atmosphärischen Verhältnissen.

	Atmosph.	Mittlere T.
Temperatur von 7 Engländern . (das Fahrzeug befand sich unter 9° 42' nördl. Br.)	+ 25°,5.	+ 37°,2 Cels.

	Atmosph.	Mittlere T.
Temperatur von 7 Engländern . (bei 0^0 12′ nördl. Br.)	$+ 26^0,4$.	$+ 37^0,3$ Cels.
— derselben . . . . . . (bei 23^0 44′ südl. Br.)	$+ 26^0,7$.	$+ 37^0,6$ —
— derselben . . . . . . (bei 35^0 22′ südl. Br.)	$+ 15^0,5$.	$+ 36^0,8$ —
— von 6 Palankin-Trägern (in Candy auf der Insel Ceylon)	$+ 20^0,5$.	$+ 36^0,8$ —
— derselben . . . . . . (zu Trincomale auf derselben Insel.)	$+ 27^0,8$.	$+ 37^0,7$ —

Temperatur der Säugethiere.

		Atmosph.	Thier.
Affe	C. .	$+ 30^0$.	$+ 39^0,7$ Cels.
Fledermaus . .	C. .	$+ 28^0$.	$+ 38^0,0$ —
V. Vampirus . .	C. .	$+ 21^0$.	$+ 37^0,8$ —
Eichhorn . . .	C. .	$+ 27^0$.	$+ 38^0,8$ —
Ratte	C. .	$+ 26^0,5$.	$+ 38^0,8$ —
Hase	C. .	$+ 26^0,5$.	$+ 37^0,8$ —
Ichneumon . . .	C. .	$+ 27^0$	$+ 39^0,4$ —
Tieger	C. .	$+ 26^0,5$.	$+ 37^0,2$ —
Hund	C. .	. . . .	$+ 39^0,3$ —
Schakal	C. .	$+ 29^0$.	$+ 38^0,3$ —
Katze	E. .	$+ 15^0$.	$+ 38^0,3$ —
Ditto	C. .	$+ 26^0$.	$+ 38^0,9$ —
Panther	C. .	$+ 27^0$.	$+ 38^0,9$ —
Pferd	C. .	$+ 26^0$.	$+ 37^0,5$ —
Schöps	E. .	Sommer.	$+ 38^0,5$ —
Ditto	C. .	$+ 26^0$.	$+ 40^0,2$ —
Bock	C. .	$+ 26^0$.	$+ 39^0,5$ —
Ziege	C. .	$+ 26^0$.	$+ 40^0,0$ —
Ochse	E. .	Sommer.	$+ 38^0,9$ —
Ditto	C. .	$+ 26^0$.	$+ 38^0,9$ —
Elent-Thier . . .	C. .	$+ 25^0,6$.	$+ 39^0,4$ —

		Atmosph.	Thier.
Schwein . . .	C. .	+ 25°,6.	+ 40°,5 Cels.
Elephant . . .	C. .	+ 26°,7.	+ 37°,5 —
Meerschwein . .	M. .	+ 23°,7.	+ 37°,8 —

Temperatur der Vögel.

Reiher	C. .	+ 25°,3.	+ 37°,2 Cels.
Nachteule . . .	E. .	+ 15°,6.	+ 40°,0 —
Papagei . . .	C. .	+ 24°.	+ 41°,1 —
Dohle	C. .	+ 31°,5.	+ 42°,2 —
Drossel	C. .	+ 15°,5.	+ 42°,8 —
Feldspatz . . .	C. .	+ 26°,5.	+ 42°,1 —
Taube im Käfig .	E. .	+ 15°,5.	+ 42°,1 —
Ditto	C. .	+ 25°,5.	+ 43°,1 —
Huhn	E. .	+ 4°,5.	+ 42°,5 —
Ditto	C. .	+ 25°,5.	+ 43°,5 —
Guinea-Huhn . .	C. .	+ 25°,5.	+ 43°,9 —
Wälscher Hahn .	C. .	+ 25°,5.	+ 42°,7 —
Sturmvogel . .	M. .	+ 26°.	+ 40°,3 —
Gans	C. .	+ 25°,5.	+ 41°,7 —
Ente	C. .	+ 25°,5.	+ 43°,9 —

Temperatur der Amphibien.

Testudo mydas	M. .	+ 26°.	+ 28°,9 Cels.
Ditto	C. .	+ 32°.	+ 29°,4 —
T. geometrica	(Cap)	+ 16°.	+ 16°,9 —
Ditto	C. .	+ 26°,6.	+ 30°,5 —
Frosch	C. .	+ 26°,7.	+ 25°,0 —
Leguan (Kamm-Eidechse)	C.	+ 27°,8.	+ 29°,0 —
Schlange (grüne) .	C. :	+ 27°,5.	+ 31°,4 —
Ditto (braune) :	C. :	+ 28°,1.	+ 29°,2 —
Klapperschlange (braune)	C.	+ 28°,3.	+ 32°,2 —

Temperatur der Fische.

		Wasser.	Thier.
Hay	M. .	+ 23°,7.	+ 25°,0 —
Forelle	E. .	+ 13°,3.	+ 14°,4 —
Fliegender Fisch .	M. .	+ 25°,3.	+ 25°,5 —

Temperatur der Crustaceen.

			Atmosph.	Thier.	
Krebs	C.	.	+ 26°,7.	+ 26°,1	Cels.
Taschenkrebs . .	C.	.	+ 22°,2.	+ 22°,2	—

Temperatur der Insekten.

Käfer	C.	.	+ 24°,3.	+ 25°,0	—
Leuchtwurm . .	C.	.	+ 22°,8.	+ 23°,3	—
Blatta orientalis	C.	.	+ 23°,3.	+ 23°,9	—
Grille . . .	(Cap)	.	+ 16°,7.	+ 22°,5	—
Wespe	C.	.	+ 23°,9.	+ 24°,4	—
Scorpion	C.	.	+ 26°,1.	+ 25°,3	—
Julus	C.	.	+ 26°,6.	+ 25°,8	—

Temperatur der Würmer.

Die Würmer scheinen die Temperatur der Luft oder des Wassers zu besitzen, wo sie sich befinden.

Diese Tabellen führen zu nachstehenden Consequenzen:

1. Die verschiedenen Menschen-Racen besitzen unter denselben Verhältnissen genau dieselbe natürliche Wärme, mögen sie sich ausschließend von Fleisch nähren, wie die Vaida's, oder ausschließend von Vegetabilien, wie die Buddha-Priester, oder aber nach Art der Europäer von Nahrungsmitteln beiderlei Art leben.
2. Die Temperatur des Menschen erhöht sich etwas, wenn er aus einem kalten, oder selbst gemäßigten Himmelsstriche in einen heißen versetzt wird.
3. Die Vögel sind diejenigen Thiere, welche die höchste Temperatur besitzen. Die Säugethiere nehmen den zweiten Rang ein; hierauf folgen die Amphibien, die Fische und gewisse Insekten; die letzte Klasse begreift die Mollusken, die Crustaceen und die Würmer.

Der Leser, welcher die Tafeln des Hrn. John Davy mit denjenigen vergleicht, welche ich in das Annuaire für 1825. eingeschaltet habe*), wird ersehen, daß es eine beträchtliche Anzahl bewohnter Stellen unserer Erde gebe, wo sich das Thermometer selbst im Schatten und in der Exposition gegen Norden um einige Grade über die Temperatur des Blutes erhebt. Es ist also eine irrige Voraussetzung, welche vor Alters gangbar war, daß der Mensch ersticken müsse, sobald er in eine

---

*) Ich hielt es für angemessener, anstatt dieser Tabellen selbst, auf welche sich der Verfasser beruft und welche eine Zusammenstellung der beobachteten Maxima und Minima der Temperatur an verschiedenen Punkten des Festlandes und der Meere unter allen Zonen enthalten, hier nur die Resultate einzuschalten, welche Hr. Arago selbst aus denselben zieht, indem derlei Tabellen einem partikulären Interesse angehören, welches dem Geiste dieser Aufsätze nicht zunächst verwandt seyn dürfte.

Diese Resultate sind:

Daß 1) an keinem Punkte der Erde und in keiner Jahreszeit ein Thermometer, welches zwei bis drei Metres über dem Boden aufgestellt und vor aller Reverberation geschützt ist, 30° Reaumur oder 46° Celsius erreichen werde;

daß 2) auf offener See die Temperatur der Luft unter keinem Himmelsstriche und bei keiner Jahreszeit 24° R. oder 30° C. überschreiten werde;

daß 3) — 40° R. oder — 50° C. die stärkste Kälte gewesen sey, welche man auf unserer Erdkugel in freier Luft an einem Thermometer beobachtet hat;

4) daß die Temperatur des Seewassers unter keinem Breitegrade und in keiner Jahreszeit über 24° R. oder 30° C. betragen werde.

Zu 3) bemerkt Hr. Arago jedoch, daß gewisse Stoffe, z. B. die Wolle, der Schnee rc., welche, wie wir wissen, bei heiterem Himmel durch Ausstrahlung um 10 — 12° Cels. kälter werden können, als die sie umgebende Luft, allerdings eine Temperatur von — 60° annehmen können, und daher das Thermometer des Capitains Franklin vielleicht — 60° C. gezeigt haben würde, wenn er die Kugel in den Schnee gesenkt hätte; daß übrigens dieß wahrscheinlich auch die niedrigste Temperatur sey, welche irdische Stoffe jemals unter bloß natürlichen Einflüssen auf der Erdoberfläche annehmen können.

Anmerk. des Uebersetzers.

Atmosphäre versetzt wird, welche wärmer ist, als sein Körper. Es giebt keinen Versuch, aus welchem man die Gränze der Temperatur folgern könnte, bei deren Andauern ein Mensch noch bestehen kann; man weiß nur, daß diese Gränze einer unglaublich hohen Temperatur angehöre, wenn der Versuch nur eine kleine Anzahl Minuten dauert.

Tillet führt in den Memoiren der Akademie für 1764. an, daß die Mägde, welche den Dienst beim bannherrlichen Backofen der Stadt La Rochefoucault verrichten mußten, gewöhnlich 10 Minuten in diesem Ofen aushielten, ohne außerordentliche Beschwerden zu empfinden, wenn der Ofen 132 ⁰ Cels., d. i. 32 ⁰ über der Temperatur des siedenden Wassers, betrug. Bei einem dieser Versuche befanden sich um die dienstthuende Magd Aepfel und rohes Fleisch, welche gebraten wurden. —

Im Jahre 1774 traten die Herren Fordyce, Banks, Solander, Blagden, Dundas, Home, Nooth, Lord Seaforth und der Capitän Phipps in eine Stube, welche auf 128 ⁰ Cels. geheizt war, und verweilten 8 Minuten darin. Ihre natürliche Temperatur ward hiedurch nur unbedeutend erhöhet. In demselben Zimmer wurden neben den Experimentirenden Eier in 20 Minuten hart, und ein Beefsteak ward in einer halben Stunde weich; das Wasser gerieth in Wallung; man hatte es mit einer Schichte Oel überdeckt, um dessen Verdünstung zu unterdrücken.

Der Hitze-Grad, welchen die Thiere vertragen können, scheint durch den Umfang ihres Körpers bedingt zu seyn. Bei den Versuchen Tillet's widerstand der kleine Vogel, welchen man den Goldammer nennt, nur durch 4 Minuten einer Temperatur von 77 ⁰ Cels. Ein Huhn war nach eben dieser Zeit zwar sehr übel mitgenommen, jedoch ohne zu sterben. Ein Kaninchen ward einer Temperatur von 73 ⁰ C. ausgesetzt; es gab nach 17 Minuten noch kein Leidens-Zeichen zu erkennen.

Ein Goldammer, mehrmal mit doppelter Leinwand umwickelt, jedoch so, daß der Kopf und die Füße frei blieben, blieb 8 Minuten einer Temperatur von 79 ⁰ Cels. ausgesetzt, ohne daß sein Tod erfolgte. Ein auf gleiche Weise eingesperrtes Huhn ward bei einer Temperatur von 79 ⁰ erst nach 5 Minuten un-

ruhig; man zog es nach 10 Minuten aus dem Ofen zurück, es blieb am Leben. Das Kaninchen gab ein analoges Resultat.

Die Kleider setzen daher der Mittheilung der Hitze, welche bei sehr hohen Temperaturen den Tod der Thiere herbeiführt, ein bedeutendes Hinderniß entgegen. Auf ähnliche Erfahrungen dürfte sich die Antwort der Spanier gründen, welche sie allemal bereit haben, wenn man sich wundert, sie in den Hundstagen in ihre Mäntel gehüllt zu sehen: „Lo que preserva del frio, preserva tambien del calor.“ *)

Ich brauche sicher nicht erst zu bemerken, daß aus den eben mitgetheilten Versuchen kein Schluß auf jenen Hitze-Grad gezogen werden kann, welchen man in dichteren Mitteln, als die Luft ist, auszuhalten vermag. Hier folgen die Resultate der in dieser Beziehung von den HH. Banks, Blagden und Solander angestellten Versuche:

Man kann mit der bloßen Hand vertragen die Temperatur
von 47° Cels. im Quecksilber;
— 50°,5 — im Wasser;
— 54° — im Oel;
— 54°,5 — im Alkohol.

Nach Hrn. Blagden sind diese Bestimmungen bei einem Grade genau. Derjenige Experimentirende, bemerkt er, welcher eine Temperatur von 50°,5 im Wasser vertrug, mußte die Hand zurückziehen, bevor die Flüßigkeit 52° erreicht hatte. — Banks, Blagden und Solander kamen alle drei auf dasselbe Resultat.

Man hat sich durch bestimmte Beobachtungen überzeugt, daß mehrere Individuen für gewöhnlich den Kaffee bei einer Temperatur von 55° Cels. trinken.

*) Was gegen die Kälte schützt, bewahret auch vor der Hitze.
Anmerk. des Uebers.

Ueber die Egyptischen Hieroglyphen.

Geschichte der ersten erfolgreichen Auslegung, welche über dieselben gegeben wurde.

Die Menschen haben zwei ganz verschiedenartige Schrift-Systeme ausgedacht. Das eine ist noch in Anwendung bei den Chinesen: es ist das hieroglyphische System. Das zweite, welches gegenwärtig bei allen andern Völkern gangbar ist, führt den Namen des alphabetischen oder phonetischen Systems.

Die Chinesen haben keine eigentlichen Buchstaben; die Schriftzüge, deren sie sich zum Schreiben bedienen, sind wirkliche Hieroglyphen: sie drücken weder Laute, noch Biegungen, sondern Begriffe aus. So wird der Begriff „Haus" mit Hülfe eines einzigen eigenthümlichen Zeichens ausgedrückt, welches unveränderlich bleiben würde, selbst wenn alle Chinesen übereinkommen würden, den Begriff Haus in ihrer Sprache durch ein von dem bisherigen ganz verschiedenes Wort auszudrücken.

Sollte uns diese Verfahrungsart so ganz fremdartig vorkommen? Man denke an unsere Zahlzeichen, welche ebenfalls Hieroglyphen sind. Der Begriff der Einheit sieben Mal zu sich selbst hinzugefügt, oder die Zahl acht, wird überall in Deutschland, Frankreich, England, Spanien ꝛc. mit Hülfe zweier senkrecht übereinander gesetzter, nur an einem Punkte sich berührender Kreise ausgedrückt; aber dieses ideographische Zeichen (8) spricht der Deutsche mit „acht", der Franzose mit „huit", der Engländer mit „eight", der Spanier mit „ocho" aus. Jedermann weiß, daß es sich mit den zusammengesetzten Zahlen ebenso verhalte. Wären also, im Vorbeigehen sey es ge-

sagt, die ideographischen Zeichen der Chinesen allgemein angenommen, wie es die arabischen Ziffern sind, so würde ein Jeder in seiner eigenen Sprache die ihm vorgelegten Werke lesen, so wie er alle Zahlen zu lesen vermag, ohne ein einziges Wort der Sprache des Verfassers zu kennen.

Nicht also verhält es sich mit den alphabetischen Schrift-Arten.

„Derjenige, durch welchen uns die sinnreiche Kunst überkommen ist, Worte hinzumalen und zu den Augen zu sprechen“ *), mußte die allgemeine Bemerkung gemacht haben, daß alle Worte, selbst der reichsten gangbaren Sprachen, aus einer sehr beschränkten Zahl von Grundlauten und Articulationen zusammengefügt seyen, wornach er die Zeichen oder Buchstaben, 24 bis 30 an der Zahl, erfand, um sie auszudrücken. Mit Hülfe dieser Zeichen, nur verschiedenartig combinirt, war er im Stande, jedes Wort zu schreiben, welches an sein Ohr traf, selbst ohne dessen Bedeutung zu verstehen.

In der chinesischen oder hieroglyphischen Schrift stellt sich diese Kunst in ihrer Kindheit dar. Keineswegs verhält es sich jedoch damit, wie man ehemals sehr bestimmt annahm, daß, um sie lesen zu lernen, selbst in China das lange Leben eines diesem Studium sich widmenden Mandarins erfordert werde. Hat nicht Remusat, dessen Namen ich nicht aussprechen kann, ohne an einen der schmerzlichsten Verluste zu erinnern, wie ihn die Wissenschaften lange nicht erlitten haben, sowohl durch sein eigenes Beispiel, als durch die trefflichen Zöglinge, welche sich jährlich in seinem Lehrkurse ausbildeten, zur Genüge dargethan, daß man das Chinesische wie jede andere Sprache erlerne? Auch ist es nicht der Fall, wie man auf den ersten Blick vermuthen sollte, daß die hieroglyphischen Züge nur die gewöhnlichsten Begriffe auszudrücken vermögen; es würde genügen, einige Seiten des Romanes „Yukiao-li, oder die beiden Basen“ hier einzurücken, um zu beweisen, daß die subtilsten Abstractio-

---

*) Celui, de qui nous vient cet art ingénieux
De peindre la parole et de parler aux yeux.

nen und Spitzfindigkeiten der chinesischen Schrift nicht unzugänglich seyen. Der Haupt-Mangel dieser Schrift wäre, gar kein Mittel zu gewähren, sich über neue Worte zu verständigen. Ein Mandarin zu Canton hätte zum Beispiel sehr wohl nach Pekin zu berichten gewußt, daß den 14. Juni 1800 die denkwürdigste Schlacht Frankreich aus einer großen Gefahr errettet habe; aber in rein hieroglyphischen Zeichen hätte er seinem Correspondenten durchaus nicht mitzutheilen gewußt, daß die Ebene, auf welcher dieses denkwürdige Ereigniß vorgieng, nahe bei dem Dorfe Marengo lag, und daß dieser siegreiche General den Namen Bonaparte führte. Ein Volk, bei welchem die Mittheilung der eigenen Namen von einer Stadt zur andern nur durch Abschicken von Boten geschehen könnte, wäre, wie man einsieht, noch auf den untersten Stufen der Civilisation; auch sind die Chinesen gar nicht in diesem Falle. Die hieroglyphischen Zeichen constituiren wohl die Masse ihrer Schrift; aber manchmal, und vorzüglich wenn ein Eigenname zu schreiben ist, werden sie ihrer ideographischen Bedeutung entkleidet, um bloße Laute und Articulationen auszudrücken, wodurch sie in wahre Buchstaben umgewandelt werden.

Diese Prämissen sind keine ungehörige Abschweifung. Die Fragen über die Priorität, welche durch die graphischen Methoden Egyptens angeregt wurden, werden nunmehr leicht zu entwickeln und zu verstehen seyn. Wir werden in der That in den Hieroglyphen des alten Volkes der Pharaone alle die Kunstgriffe antreffen, deren sich die Chinesen heut zu Tage bedienen.

Mehrere Stellen im Herodot und Diodor von Sicilien und des heil. Clemens von Alexandrien lassen erkennen, daß die Egyptier sich zwei- oder dreierlei Schrift-Arten bedienten, und daß wenigstens in einer derselben die symbolischen, oder Begriffe vorstellenden Zeichen eine große Rolle spielten. Horapollon hat uns selbst die Bedeutung einer großen Anzahl dieser Zeichen aufbehalten. So weiß man zum Beispiel, daß der Sperber die Seele, der Ibis das Herz, die Taube (dieß dürfte ziemlich befremdend erscheinen) einen heftigen Menschen, die Flöte einen Aufgebrachten, die Zahl 16 die Wollust, ein

Frosch einen Unklugen, die Ameise das Wissen, eine doppelte Schleife die Liebe 2c. 2c. zu bedeuten habe.

Die von Horapollon auf diese Weise erhaltenen Zeichen machten nur einen sehr kleinen Theil der acht= bis neunhundert Zeichen aus, welche man bei Inschriften auf Monumenten vorfindet. Die Neueren, worunter auch Kircher, suchten die Zahl derselben zu bereichern. Ihre Bemühungen führten zu keinem Resultate, es wäre denn, daß man hieraus abnehmen kann, auf welche Abwege die wohl unterrichtetsten Menschen gerathen, wenn sie bei Erforschung von Thatsachen ihrer Einbildungskraft freien Lauf lassen.

Die Auslegung der Egyptischen Hieroglyphen galt seit langer Zeit bei allen guten Köpfen für ein aus Mangel an Prämissen vollkommen unauflösliches Problem; als im J. 1799 Hr. Boussard, Ingenieur=Offizier, bei Gelegenheit der Ausgrabungen, die er bei Rosette zu leiten hatte, auf einen breiten Stein stieß, welcher mit drei Reihen noch ganz deutlicher Zeichen bedeckt war. Eine dieser Reihen war griechisch. Obgleich dieselbe etwas abgestoßen war, so gieng aus derselben doch unzweideutig hervor, daß die Stifter des Monuments verordnet hatten, daß dieselbe Inschrift darauf in dreierlei Schrift-Arten eingegraben werden solle, nämlich in heiligen oder hieroglyphischen Zeichen, in den gemeinen oder landesüblichen Zeichen, und mit griechischer Schrift. Durch diesen unverhofften Glücksfall befanden sich die Philologen im Besitze eines griechischen Textes, und hatten zu gleicher Zeit dessen Uebersetzung in's Egyptische vor Augen, oder mindestens eine Umschreibung desselben in zweierlei Schriftzügen, welche beide vor Alters an den Ufern des Nils üblich waren.

Dieser seitdem so berühmt gewordene Stein von Rosette, welchen Hr. Boussard dem Institut von Cairo verehrt hatte, ward dieser gelehrten Corporation in der Epoche, als die französische Armee Egypten räumte, wieder entrissen. Man trifft ihn gegenwärtig im Londner Museum, allwo er, wie sich Thomas Young ausdrückt, als ein Denkmal der brittischen Tapferkeit figurirt! Alle Tapferkeit bei Seite, so hätte dieser berühmte Physiker, ohne seiner Unpartheilichkeit

etwas zu vergeben, beifügen können, daß dieses durch seine doppelte Schriftart unschätzbare Denkmal auch einigermaaßen dafür einen Beleg abgiebt, in welchem Geiste diese denkwürdige Expedition nach Egypten in jeder Beziehung geleitet ward, und welcher unermüdliche Fleiß die berühmten Gelehrten beseelt habe, deren oft unter dem Feuer der Kartätschen ausgeführten Arbeiten so Vieles zu dem Ruhme ihres Vaterlandes beigetragen haben. Die Wichtigkeit der Inschrift von Rosette ward ihnen auch gleich im ersten Augenblicke so einleuchtend, daß sie, um diesen kostbaren Schatz nicht den Wechselfällen einer Seereise auszusetzen, alsbald von der Begierde erfaßt wurden, denselben zu vervielfältigen, sowohl durch einfache Zeichnungen, als auch nach Art der Facsimile, und durch Abdrücke in Schwefel und Gyps. Man muß sogar beifügen, daß die Alterthums-Forscher aller Länder den Stein von Rosette zuerst aus den Zeichnungen der französischen Gelehrten kennen gelernt haben.

Eines der ausgezeichnetsten Mitglieder des Institutes, Hr. Sylvestre de Sacy, betrat zuerst im Jahr 1802 die Bahn, welche die Inschrift in zweierlei Schriftzügen den Forschungen der Philologen eröffnet hatte. Er befaßte sich jedoch nur mit dem egyptischen Texte in der gemeingangbaren Schrift. Er hat hierunter diejenigen Gruppen, welche verschiedene eigene Namen bezeichnen, und deren phonetischen Werth ausgemittelt. Mithin hatten die Egyptier, wenigstens in Einer Schriftart, Zeichen für Laute, wirkliche Buchstaben. Dieses wichtige Resultat ward über allen Widerspruch erhoben, als ein gelehrter Schwede, Hr. Ackerblad, zur Vervollständigung der Arbeit unseres Landsmannes, mit einer an Gewißheit grenzenden Wahrscheinlichkeit die individuelle alphabetische Bedeutung verschiedener Schriftzüge nachgewiesen hat, welche bei der Uebertragung der im griechischen Texte vorkommenden Eigennamen angewendet sind.

Immer blieb jedoch noch der Theil der Inschrift zu entziffern, welcher rein hieroglyphisch war oder dafür galt. Diese war unberührt geblieben, Niemand hatte sich an das Dechiffriren derselben gewagt.

Hier müssen wir nur bemerken, daß Thomas Young

in einer Art von Inspiration darauf verfallen ist, unter der Menge der auf der Platte eingegrabenen Zeichen, welche theils ganze Thiere, theils phantastische Gestalten, theils Geräthschaften, Kunst-Produkte oder geometrische Formen vorstellen, jene Zeichen, welche in einer elliptischen Einrahmung eingeschlossen sind, für diejenigen zu erklären, welche den Eigennamen der griechischen Inschrift entsprechen: und auf diese Weise insbesondere den Namen „Ptolemäus“ als den einzigen, welcher in der hieroglyphischen Inschrift ganz unbeschädigt sich erhalten hatte, herauszufinden gewußt hat. Sogleich ist Young auch darauf verfallen, daß in dem besonderen Falle der Einrahmung oder Einfassung die Zeichen nicht mehr Begriffe, sondern Laute vorstellen; endlich werden wir sehen, wie Young mit Hülfe einer sehr umständlichen und feinen Analyse für jeden der dem Ohr in dem Namen „Ptolemäus“ auf dem Steine von Rosette und in dem Namen „Berenice“ eines andern Monuments vernehmlichen Laute die eigenthümlichen Hieroglyphen aufzufinden gesucht habe.

Dieß sind, wenn ich nicht irre, die drei eminenten Punkte der Forschungen Young's über die graphischen Systeme Egyptens. Niemand soll, wie man anführt, vor dem englischen Physiker hierauf verfallen seyn, oder wenigstens nicht darauf aufmerksam gemacht haben. Diese zwar allgemein angenommene Meinung läßt sich, wie mir scheint, dennoch anfechten. Es ist in der That gewiß, daß schon im Jahre 1766 Hr. de Guignes in einem gedruckten Aufsatze auf die Einrahmungen der egyptischen Inschriften, als zur Bezeichnung aller Eigennamen dienend, hingewiesen hat. Auch kann Jedermann in demselben Werke die Gründe nachlesen, welche dieser gelehrte Orientalist aufführt, um seiner Meinung Eingang zu verschaffen, daß nämlich die egyptischen Hieroglyphen beständig eine phonetische Bedeutung haben. Es bleibt daher für Young die Priorität nur rücksichtlich eines einzigen Punktes, nämlich: daß er den ersten Versuch angestellt hat, die in einer Einrahmung vorkommenden Zeichen in Buchstaben aufzulösen, um die alphabetische Bedeutung derjenigen Hieroglyphen herauszubrin-

gen, aus welchen auf dem Steine von Rosette der Name „Ptolemäus“ zusammengesetzt ist.

Bei dieser Forschung wird Young, wie man zuverlässig erwarten konnte, neue Beweise seines ungemeinen Scharfsinnes geliefert haben, allein, da er in einem falschen System befangen ist, werden seine Bemühungen keinen vollkommen befriedigenden Erfolg haben. So wird er den hieroglyphischen Zeichen manchmal bloß eine alphabetische Bedeutung zuschreiben; ein andermal wird er denselben den Werth einer ganzen Sylbe oder selbst zweier Sylben beilegen, ohne über das Befremdende, welches in der Voraussetzung einer solchen Vermischung von Zeichen verschiedenartiger Natur liegt, Bedenken zu tragen. Das von Doctor Young bekannt gemachte Fragment eines Alphabets enthält daher Wahres und Falsches, aber das Irrige ist darin so vorherrschend, daß es unmöglich wäre, die in demselben vorkommenden Buchstaben zum Lesen irgend anderer Worte, als der beiden Eigennamen, von denen sie hergeholt sind, zu verwenden. Es ist eine so starke Sache, irgend einer scientifischen Leistung Young's alle Brauchbarkeit abzusprechen, daß man sogleich mit der Rechtfertigung dieser Behauptung bei der Hand seyn muß. Ich führe deßhalb an, daß nach der Entwerfung seines Alphabets Young selbst in einer auf einem egyptischen Denkmale vorkommenden Einrahmung den Namen „Arsinoe“ zu lesen glaubte, in welcher, wie sein berühmter Mitbewerber bereits zur Evidenz gezeigt hat, das Wort „Autokrator“ enthalten ist; daß er hinter einer Gruppe „Evergetes“ vermuthete, welche mit „Cäsar“ zu lesen ist.

Die Arbeit Champollion's rücksichtlich der Auffindung der phonetischen Bedeutung der Hieroglyphen ist einfach, gleichartig und scheint keine Unsicherheit mit sich zu führen. Jedes Zeichen entspricht einem eigenen Selbst- oder Mitlaute. Seine Bedeutung ist nicht willkührlich: jede phonetische Hieroglyphe ist das Bild eines irdischen Gegenstandes, dessen Name in egyp-

tischer Sprache mit dem Selbst- oder Mitlaute beginnt, welcher dargestellt werden soll. *)

Das Alphabet Champollion's, einmal nach dem Steine von Rosette und nach zwei bis drei andern Denkmälern entworfen, wird verwendbar seyn, die verschiedenartigsten Inschriften zu lesen: zum Beispiel der Name „Cleopatra“ auf dem Obelisk von Philä, welcher vor langer Zeit nach England transportirt ward, und an dem Doctor Young mit Hülfe seines Alphabets nichts herausgebracht hatte. Auf den Tempeln von Karnac findet Champollion zweimal den Namen „Alexander“; auf dem Thierkreise von Denderah einen römischen Feldherrn-Titel; auf dem großen Gebäude, über wel-

---

*) Diese Methode wird Jedermann sogleich vollkommen auffassen, wenn wir zum Versuche nach diesem Systeme der Egyptier, jedoch in deutscher Sprache, mit Hieroglyphen schreiben wollten. Der Buchstabe A könnte z. B. willkührlich ausgedrückt werden bald durch ein Auge, bald durch einen Adler oder eine Ameise, eine Aloe, eine Anemone. B wäre abzubilden durch ein Boot, einen Bock, eine Büchse. D könnte man vorstellen durch einen Drachen, ein Dreieck, eine Distel, einen Dolch. E könnte beliebig durch eine Eidechse, einen Esel, eine Eichel, ein Ei, eine Egge vorgebildet werden.

Sollte das Wort „Erde“ mit deutschen Hieroglyphen geschrieben werden, so brauchte man nur folgende Gegenstände in einer Reihe neben einander abzubilden: eine Eichel, ein Rad, ein Dreieck und eine Eidechse; oder ein Ei, eine Rübe, einen Dudelsack und einen Elephanten ꝛc.

Diese Bilderschrift hat, wie man sieht, einige Aehnlichkeit mit den heutzutage von den Zuckerbäckern zu den Bonbons verwendeten Vignetten mit Wortspielen. Man sieht hieraus, womit sich diese egyptischen Priester befaßten, welche im Alterthum so gepriesen waren, welche uns jedoch, man kann es behaupten, beiläufig gesagt, nichts gelehrt haben.

Hr. Champollion nennt homophon oder gleichlautend alle jene Zeichen, welche, indem sie denselben Laut oder dieselbe Fügung bedeuten, ohne Unterschied sich gegenseitig substituirt werden konnten. So weit man gegenwärtig im egyptischen Alphabete vorgerückt ist, hat man schon 6 bis 7 homophone Zeichen für den Buchstaben A, und mehr als ein Dutzend für S oder eigentlich für das griechische Σ ausgemittelt.

Anmerkung d. Uebersetzers.

chem der Thierkreis angebracht war, die Namen und Zunamen der Kaiser Augustus, Tiberius, Claudius, Nero, Domitian ꝛc.; hiedurch, im Vorbeigehen sey es gesagt, wird auch die lebhafte und immer wieder hervorgeholte Streitfrage über das Alter dieser Denkmäler, auf immer dahin entschieden seyn, daß unter der römischen Herrschaft die Hieroglyphen an den Ufern des Nils noch in voller Anwendung waren.

Dieses Alphabet, welches uns schon zu so vielen unerwarteten Resultaten geführt hat, es mag auf die großen Obelisken von Karnac oder auf andere Denkmäler, welche anerkannt aus den Zeiten der Pharaonen herrühren, angewendet werden, wird uns die Namen mehrerer Herrscher dieses alten Königsstammes, die Namen der egyptischen Gottheiten, ja wir können sogar behaupten, Hauptwörter, Beiwörter und Zeitwörter der koptischen Sprache offenbaren. Young war also irrig, wenn er die phonetischen Hieroglyphen für eine neuere Erfindung erklärte, wenn er sie ausschließend bei der Uebertragung von Eigennamen, und selbst nur derjenigen, welche den Egyptiern fremd waren, angewendet wissen wollte. Hr. Guignes und vorzüglich Hr. Stephan Quatremère haben im Gegentheil auf diesem Wege ein Faktum ausgemittelt, welches durch das Lesen der Inschriften aus den Zeiten der Pharaone durch unumstößliche Beweise zur Gewißheit erhoben wurde, daß nämlich die gegenwärtige Sprache der Kopten auch jene der alten Völker des Sesostris gewesen sey.

Man ist gegenwärtig über den Sachverhalt informirt. Ich will nur noch einige Beobachtungen und Folgerungen herausheben, welche mir aus dem Gesagten unwidersprechlich hervorzugehen scheinen.

Die Discussionen über Priorität, selbst wenn National-Eitelkeit mit influirt, würden niemals so bitter werden, wenn bei der Entscheidung bestimmte Regeln zu Grunde gelegt werden könnten, aber in gewissen Fällen ist der erste Gedanke Alles, in anderen liegt in der Ausführung die Haupt-Schwierigkeit, wieder in andern Fällen scheint das Verdienst weniger in dem Aufstellen einer Theorie, als in dem Erweise derselben gesucht werden zu müssen. Man begreift, welches Feld schon die Wahl

unter diesen Gesichtspunkten der Willkühr darbietet, und welchen Einfluß derselbe demungeachtet auf die definitive Entscheidung ausüben müsse.

Um dieser Verlegenheit auszuweichen, habe ich einen analogen Fall aufzufinden gesucht, in welchem die Stellung der beiden Prätendenten mit jener Young's und Champollion's verglichen werden kann, und über dessen Entscheidung andererseits niemals ein Streit obgewaltet hat. Dieses Beispiel glaubte ich von der Theorie über die Interferenz des Lichtes hernehmen zu können *), ohne bei der hieroglyphischen Frage die aus den Memoiren des Hrn. Guignes angeführten Stellen mit in's Spiel zu ziehen.

Hooke hat in der That vor Thomas Young die Behauptung aufgestellt, daß eine Interferenz der Lichtstrahlen stattfinde, so wie dieser Letztere vor Champollion darauf verfallen ist, daß die egyptischen Hieroglyphen manchmal phonetisch gebraucht wurden. Hooke konnte keinen direkten Beweis seiner Hypothese liefern; die Bestätigung des phonetischen Werthes, welchen Young verschiedenen Hieroglyphen beigelegt hat, könnte nur in einer Schrift gefunden werden, welche bisher niemals gelesen wurde und eigentlich gar nicht gelesen werden kann.

Weil Hooke die Zusammensetzung des weißen Lichtes nicht kannte, so hatte er auch keinen richtigen Begriff von der Interferenz, so wie Young seinerseits durch die Annahme, daß Hieroglyphen eine und selbst zwei Sylben bedeuten können, von dem rechten Wege abgelenkt wurde.

Young ist einstimmig als der Erfinder der Theorie über die Interferenz anerkannt; dann muß aber, wie mir scheint, nach einer unausweichlichen Consequenz Champollion als Derjenige angesehen werden, welcher zuerst die Hieroglyphen zu entziffern wußte.

---

*) Jene, welchen die Theorie der Interferenz des Lichtes nicht bekannt ist, werden diesen Vergleich vollkommen verstehen, wenn sie den im Verfolg dieses Werkes erscheinenden Aufsatz über die Interferenz des Lichtes nachlesen wollen.

Anmerkung d. Herausgebers.

Ich bedaure, nicht früher auf diese Parallele verfallen zu seyn. Wäre Young bei seinen Lebzeiten in die Alternative versetzt worden, entweder als Urheber der Theorie über die Interferenz angesehen zu werden und dafür die Hieroglyphen an Champollion zu überlassen, oder die Hieroglyphen zu behalten und dagegen die geniale Lösung der optischen Frage an Hooke abzutreten, er hätte sich ohne Zweifel beeilt, die Ansprüche unseres berühmten Landsmannes anzuerkennen. Es wäre ihm überdieß, was ihm Niemand bestreiten kann, das Vorrecht geblieben, in der denkwürdigen Geschichte der Entzifferung der Hieroglyphen auf ehrenvolle Weise aufgeführt zu werden, sowie die Namen Kepler, Borelli, Hooke und Wren allezeit genannt werden, wenn von den Gesetzen der allgemeinen Schwere die Rede ist.

Inhalt des ersten Theils.

Ueber Dampf-Maschinen . . . . . Seite 1.

Ueber die gebohrten oder sogenannten Artesischen Brunnen . . . . 119.

Ueber den Wärmestand unserer Erdkugel . . 177.

Ueber den frostbringenden Mond . . . . 229.

Ueber den Thau . . . . . . 231.

Temperatur der verschiedenen Thier-Gattungen . 255.

Ueber die Egyptischen Hieroglyphen . . . . 263.

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Arago, Dominique François,

Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturkunde

Bd.: 1

Stuttgart (1837)

Bamberg, Staatsbibliothek -- Astr.o.7(1#1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11424163-5